

**UNIVERZITA KARLOVA**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra parazitologie**

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie



**Běla Klimešová**

**Ježci jako hostitelé členovci přenášených zoonotických patogenů v Evropě**  
Hedgehogs as the hosts of arthropod-transmitted zoonotic pathogens in Europe

Bakalářská práce

Školitelka: Mgr. Karolina Majerová

Praha 2019

**CHARLES UNIVERSITY**

**Faculty of Science**

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 9.5.2019

.....

**Poděkování**

Tato práce by nevznikla, nebýt mé školitelky Mgr. Karoliny Majerové. Tímto bych jí chtěla poděkovat za vedení, rady a připomínky k práci.

## Abstrakt

V Evropě se vyskytují především dva druhy ježků – ježek západní (*Erinaceus europaeus*) a ježek východní (*E. roumanicus*). Oba tyto druhy jsou rezervoárovými hostiteli vektory přenášených zoonotických patogenů. Jako vektoři slouží různé ektoparazity – klíšťata, blechy a komáři. Nejdůležitějšími z ektoparazitů, kteří mohou být přenašeči ježčích patogenů na člověka, jsou klíšťata *Ixodes ricinus* a *I. hexagonus*, méně důležitá je pak blecha *Archaeopsylla erinacei*. U ježků bylo detekováno široké spektrum virů a bakterií: virus Ťahyňa, virus klíšťové encefalitidy, *Anaplasma phagocytophilum*, *Bartonella* spp., *Borrelia* spp. či *Neoehrlichia mikurensis*. Zdá se, že v případě viru klíšťové encefalitidy jsou ježci rezervoárovými hostiteli, u ostatních popsaných patogenů není role ježků v jejich životním cyklu jednoznačně potvrzena. Přesto můžeme na základě dostupných informací říct, že ježci mohou být zdrojem vektory přenášených původců závažných lidských onemocnění. Význam ježků jako rezervoárů je navíc umocněn tím, že jejich populace jsou v urbánním prostředí relativně početné. Z předložené literární rešerše vyplývá, že spektrum patogenů se u obou studovaných druhů ježků liší jen velmi málo, navíc jsou tyto rozdíly pravděpodobně způsobeny nevyváženým výzkumem tohoto tématu u jednotlivých druhů hostitelů.

**Klíčová slova:** *Erinaceus roumanicus*, *Erinaceus europaeus*, zoonotická onemocnění, vektory přenášená onemocnění, rezervoároví hostitelé

## Abstract

In Europe, mainly two hedgehog species are distributed – *Erinaceus europaeus* and *E. roumanicus*. Both species are suitable reservoir hosts for zoonotic vector-borne pathogens. Hedgehogs have different ectoparasites – ticks, fleas and mosquitoes. Among them, ticks *Ixodes ricinus* and *I. hexagonus* are the most important vectors for human pathogens, less importance has the flea species *Archaeopsylla erinacei*. Variety of viruses and bacteria were detected in hedgehogs: Ťahyňa virus, Tick-borne Encephalitis virus (TBEV), *Anaplasma phagocytophilum*, *Bartonella* spp., *Borrelia* spp. and *Neoehrlichia mikurensis*. In case of TBEV, hedgehogs are considered to be reservoir hosts. For the rest of detected pathogens, the role of hedgehogs in their life cycle is not clear yet. On the base of published information, we can conclude, that the hedgehogs can be source of vector-borne pathogens that cause serious human diseases, especially in urban areas where their populations are relatively large. According to the literature review, there are only small differences between the two European hedgehog's species pathogens spectra and these differences are probably caused by unequal research of the host species.

**Key words:** *Erinaceus roumanicus*, *Erinaceus europaeus*, zoonotic diseases, vector - borne diseases, reservoir hosts

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Biologie ježků .....	2
3	Ektoparazité ježků .....	5
3.1	Klíšťata .....	5
3.1.1	<i>Ixodes ricinus</i> .....	8
3.1.2	<i>Ixodes hexagonus</i> .....	8
3.2	Blechy.....	9
4	Vektory přenášené patogeny ježků.....	12
4.1	Virové zoonózy .....	12
4.1.1	Bhanja virus .....	12
4.1.2	Virus krymsko-konžské hemoragické horečky.....	13
4.1.3	Ťahyňa virus.....	13
4.1.4	Virus klíšťové encefalitidy.....	14
4.2	Bakteriální zoonózy.....	17
4.2.1	<i>Anaplasma phagocytophilum</i> .....	17
4.2.2	<i>Borrelia</i> spp.....	18
4.2.3	<i>Bartonella</i> spp.....	19
4.2.4	<i>Neoehrlichia mikurensis</i> .....	20
4.2.5	<i>Rickettsia</i> spp.....	21
5	Role ježků v přenosu zoonotických onemocnění .....	23
6	Závěr.....	26
7	Seznam literatury .....	28

# 1 Úvod

Téma ježků jako hostitelů patogenů je zajímavé zejména proto, že ježci nejsou jen živočichové volné přírody, ale jejich populace jsou dokonce nejpočetnější v urbánních oblastech (Hubert *et al.* 2011; van de Poel *et al.* 2015). Díky tomu může snáze dojít ke kontaktu s lidmi. Lidé s nimi také často manipulují, na podzim je nosí na záchranné stanice nebo je dokonce nechávají přezimovat u sebe doma. Někteří ježci jsou oblíbení jako domácí mazlíčci, zejména pak ježek africký (Riley & Chomel 2005).

V Evropě můžeme najít několik druhů ježků, ale jen dva zde mají hlavní areál rozšíření, *Erinaceus roumanicus* (ježek východní) má hlavní areál výskytu ve východní Evropě a *E. europaeus* (ježek západní) v západní (Amori 2016; Amori *et al.* 2016b). V oblasti střední Evropy se jejich areály překrývají a může zde docházet i k hybridizaci mezi druhy (Bogdanov *et al.* 2009; Černá Bolfíková *et al.* 2017).

U obou druhů ježků bylo zaznamenáno mnoho druhů ektoparazitů, a to klíšťata, blechy a komáři (Minář 1969; Thamm *et al.* 2009; Földvári *et al.* 2011). Nejčastější jsou klíšťata *Ixodes ricinus*, *I. hexagonus* a blecha *Archaeopsylla erinacei*. Nálezy ostatních krevsajících cizopasníků byly zaznamenány jen v malých počtech, proto můžeme předpokládat, že tyto ektoparazity nehrají v přenosu patogenů významnější roli (Beichel *et al.* 1996; Thamm *et al.* 2009; Mihalca *et al.* 2012; Dziemian *et al.* 2014; Hornok *et al.* 2014).

Někteří ježčí ektoparazité (zejména klíště *Ixodes ricinus*) sají i na lidech, a touto cestou tak může snadno dojít k přenosu patogenů na člověka. Právě kvůli tomu je důležité objasnit, zda ježci mohou sloužit jako rezervoároví hostitelé pro medicínsky významné patogeny (Arthur 1953; Gern 2013).

Cíle práce:

1. Zjistit, pro jaké vektory přenosné patogeny mohou ježci sloužit jako hostitelé.
2. Popsat roli ježků v přenosu zoonotických onemocnění.

## 2 Biologie ježků

Ježci jsou noční savci malých rozměrů, od 500 do 1200 gramů (Best 2018). Mají původní rozšíření v Eurasii a Africe (Hoefer 1994), v samotné Evropě je několik druhů. Ježek západní (*Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758), který se vyskytuje v západní Evropě, Skandinávii, Estonsku a Rusku (Seddon *et al.* 2001; Amori 2016) (Obr. 1). Ježek východní (*Erinaceus roumanicus* Barrett-Hamilton, 1900) se vyskytuje na Balkáně, ve střední Evropě, na severu až po Estonsko, na východě až po Kazachstán (Amori *et al.* 2016b) (Obr. 1).



Obrázek 1: Rozšíření *E. europaeus* a *E. roumanicus*. Výskyt *E. europaeus* na mapě znázorněn oranžově. *E. roumanicus* světle žlutě. Překryv jejich území je vyznačen červeně. Upraveno podle (Amori 2016; Amori *et al.* 2016b)

Ježek maloasijský (*Erinaceus concolor* Martin, 1837) je rozšířen především na území od Turecka po Libanon, ale můžeme ho najít i v Bělorusku, Rusku, na Ukrajině a na řeckých ostrovech (Amori *et al.* 2016a). Ježek ušatý (*Hemiechinus auritus* Gmelin, 1770) má centrum rozšíření v Asii, ale zasahuje částečně i do Evropy v oblasti Ruska, východní Ukrajiny a Kypru (Stubbe *et al.* 2016). Ježek alžírský (*Atelerix algirus* Lereboullet, 1842) byl zavlečen do Evropy ze severní Afriky (Dobson 1998) – jeho výskyt byl zaznamenán na

Maltě a ve Španělsku (Sans-Fuentes & Ventura 2000; Amori *et al.* 2008). Byl zavlečen také do Francie (\*Saint Girons 1969), kde se však jeho populace neudržela (Amori *et al.* 2008).

Parapatrický výskyt ježka východního a západního vznikl postglaciální rekolonizací Evropy z refugií ve Španělsku, Itálii a Balkánu (Hewitt 2001). K překryvu výskytu dochází ve střední Evropě, Lotyšsku a Rusku (Obr. 1). Na těchto územích žijí ježci sympatricky (Seddon *et al.* 2001). Možnost hybridizace mezi druhy byla potvrzena u jedinců chovaných v zajetí. Zpětné křížení s *E. europaeus* bylo ale v těchto experimentech neúspěšné (\*Poduschka & Poduschka 1983). I v přírodě byla zaznamenána hybridizace, a to jak na území střední Evropy, tak i v Rusku (Bogdanov *et al.* 2009; Černá Bolfíková *et al.* 2017). V Ruské části je hybridizace častější, protože zde došlo ke kontaktu druhů později a ještě se nestačily vytvořit reprodukční bariéry (Bolfíková & Hulva 2012; Černá Bolfíková *et al.* 2017).

Data k biologii ježka východního chybí, ale předpokládá se, že je stejná či velmi podobná jako u ježka západního (Best 2018). Ježci západní i východní se typicky páří dvakrát do roka (Best 2018). Mají průměrně tři až čtyři mláďata na snůšku, která se rodí slepá a hluchá. V zimě ježci hibernují. Délka hibernace závisí na teplotě, ve které se nacházejí. Mohou mít hibernaci krátkou nebo naopak prospat celé chladné období, zvláště v severních oblastech (Hoefer 1994).

Ježci se v přírodě dožívají tří až čtyř let (Hoefer 1994) a obývají široké spektrum habitatů (Hubert *et al.* 2011). Ježek východní se vyskytuje spíše v nižších nadmořských výškách (do 300 metrů nad mořem), ježek západní byl zaznamenán až do poloh 700 metrů nad mořem (Bolfíková & Hulva 2012). Dle některých výzkumů se zdá, že hustota populace ježků je několikanásobně větší v urbánních oblastech než ve volné krajině či na venkově (Hubert *et al.* 2011; van de Poel *et al.* 2015). Nachází se zde dostatek úkrytů, potravy a méně predátorů (Young *et al.* 2006). Ježci si vyhrabávají své vlastní nory, kde většinu dne spí, až při západu slunce vylezou a jdou hledat potravu. I když jsou suchozemští, umí dobře plavat a šplhat (Hoefer 1994). Ježci jsou hmyzožravci, ale jedí i mnohé další bezobratlé a malé obratlovce, například vajíčka ptáků (Calladine *et al.* 2017), či dokonce ovoce (Jones & Norbury 2010).

Díky své potravě se ježek může stát definitivním nebo paratenickým hostitelem pro některé endoparazity (Naem *et al.* 2015). Helmintózy ježka východního a západního se dle publikovaných studií neliší, jediný rozdíl byl zaznamenán v prevalenci a intenzitě infekcí



(Pfäffle *et al.* 2014). Jedním z helmintů napadajících ježky je *Hymenolepis erinacei*. Infekce bývá často bezpříznaková, případně se projevuje průjmy a celkovým zhoršením zdravotního stavu (Hofmannová 2017). Nakažení motolicí *Brachylaemus erinacei* vede při silné infekci k hemoragické enteritidě, zánětu žlučových, celkovému zhoršení stavu a smrti. Hlístice *Eucoleus aerophilus* způsobuje výtoky z nosu, apatii a dušnost, může dojít až ke smrti. Plícnivka *Crenosoma striatum* je u ježků hojná a působí dusivý kašel, slabost, hubnutí a výtok z nosu (Beck 2007; Naem *et al.* 2015). Jako další endoparazité ježků mohou sloužit protista, například *Cryptosporidium* spp. (Hofmannová 2017) či *Toxoplasma gondii* (\*Sixl *et al.* 1989). U ježků můžeme pozorovat i mykotická onemocnění způsobená *Trychophyton mentagrophytes* var. *erinacei* (Philpot 1992) a *Microsporum* spp. (Ellis *et al.* 2001).

K dalším patogenům, které nejsou přenášeny pomocí vektorů, patří onemocnění způsobené některými viry: herpesviry (Widén *et al.* 1996), virus slintavky a kulhavky neboli Foot-and-mouth disease virus (Mclauchlan & Henderson 1946), paramyxoviry ze skupiny *Morbilli* (Vizoso & Thomas 1981), rod *Betacoronavirus* (Corman *et al.* 2014) či virus vztekliny z čeledi *Rhabdoviridae* (\*Faragó 1997). Ježci mohou být hostitelé i pro bakteriální patogeny, např. *Salmonella* spp. (Lawson *et al.* 2018), *Yersinia pseudotuberculosis*, *Mycobacterium marinum* (Tappe *et al.* 1983), *Chlamydia psittaci* nebo *Coxiella burnetii* (\*Sixl *et al.* 1989).

Ježci slouží jako hostitelé i pro patogeny přenášené vektory. V Evropě byly u ježků zaznamenány pouze dvě skupiny takovýchto patogenů, a to viry a bakterie. Právě těmito skupinami se budu ve své práci dále podrobně zabývat.

### 3 Ektoparazité ježků

Ježci jsou hostiteli několika druhů klíšťat a blech (Thamm *et al.* 2009; Földvári *et al.* 2011), u některých z nich dokonce slouží jako hostitelé hlavní (Arthur 1953). Populace ježků v urbánních oblastech jsou navíc dostatečně velké na to, aby zajistily dlouhodobé přetrvávání konkrétních ektoparazitů v tomto habitatu (Földvári *et al.* 2011). Výskyt a sání ektoparazitů na divoce žijících zvířatech v obydlených oblastech má z lidského pohledu velký význam kvůli životnímu cyklu patogenů, které mohou být prostřednictvím vektorů přenášeny na hospodářská zvířata, psy, kočky i na lidi samotné (Földvári *et al.* 2011; Dziemian *et al.* 2014). U ježků byly zaznamenány také patogeny šířené komáry, což svědčí o jejich roli hostitelů i pro tento krev sající hmyz (Minář 1969). U ježka *E. europaeus* byli zaznamenáni i roztoči (Mullen & OConnor 2019).

#### 3.1 Klíšťata

Klíšťata patří do podtřídy Acari, třídy Arachnida, podkmenu Chelicerata. Jsou kosmopolitní, ale velký vliv na jejich výskyt má mikroklima a dostupnost hostitele (Marquardt *et al.* 2004). Jejich rozměry mohou dosahovat až tří centimetrů, když zvětší své tělo při nasátí krve. Tělo roztočů je typické tím, že splývá v jeden nečlánekovaný celek. Rozlišitelná je gnathosoma, přední část těla, a idiosoma, zbytek těla. Klíšťata jsou ektoparazité a jako hostitelé jim slouží terestriční obratlovci. Všechna životní stadia se žijí paraziticky (Štěpánek *et al.* 1957; Ruppert *et al.* 2004). Většina druhů vyhledává hostitele jen kvůli potravě, po nasátí jej opouští. V tom případě se jedná o trýhostitelský životní cyklus. Rod *Rhipicephalus* a některé druhy z rodu *Hyalomma* mají dvouhostitelský cyklus, larva a nymfa sají na stejném hostiteli. Jednohostitelský životní cyklus můžeme pozorovat u některých klíšťat z rodu *Hyalomma* a *Dermacentor*, která jsou celý život asociována jen s jediným hostitelem. Střídání hostitelů v rámci životního cyklu (ať už na úrovni jedinců stejného druhu či na úrovni různých živočišných druhů) má zásadní vliv na schopnost klíšťat šířit patogeny (Marquardt *et al.* 2004).

K probodnutí pokožky hostitele mají klíšťata přizpůsobené bodavé ústní ústrojí (Štěpánek *et al.* 1957). U některých druhů dochází i k páření na hostiteli, u jiných dospělý sameček hostitele nevyhledává (Marquardt *et al.* 2004). Oplozená samička se pouští hostitele a klade velké množství vajíček (*I. ricinus* kolem 1000 ks) do půdy. Po inkubaci se

z vajíček líhnou šestinohé larvy. Ty se později vyvíjí v nymfy, které jsou, stejně jako dospělci, osminohé. Klíšťata mají, na rozdíl od některých jiných zástupců roztočů, pouze jedno stadium nymfy, ze kterého se následně vyvine dospělec (Marquardt *et al.* 2004). Pro přeměnu na jednotlivá vývojová stadia se klíšťata musí nasát krve a tímto způsobem mohou během svého života vystřídat i několik hostitelů (viz výše). Dospělci na hostiteli sají kolem sedmi dnů, krmí se nejdříve pomalu a až v posledních 12-36 hodinách se proces velmi zrychlí. Larvy i nymfy jsou schopné vydržet bez potravy až rok. Klíšťata žijí 2-4 roky a velkou část svého života tráví mimo hostitele. Po tuto dobu jsou v neaktivním stavu podobnému diapauze (Štěpánek *et al.* 1957; Marquardt *et al.* 2004; Ruppert *et al.* 2004).

Nakažení klíšťaty může mít zásadní dopad na zdraví a chování ježka. Když dojde k velké infestaci, ježek může být donucen investovat podstatnou část energie do produkce červených krvinek namísto investování do běžných fyziologických aktivit (Pfäffle *et al.* 2009). Některé studie ukazují, že existuje i souvislost mezi zdravotním stavem ježků a infestací klíšťaty (Bunnell 2001; Bunnell *et al.* 2011). Bunnell *et al.* (2011) diskutují, že klíšťata spíše vyhledávají nemocné ježky, na kterých se jim bude dařit lépe, což potvrzuje i preference klíšťat pro pach výkalů nemocných ježků.

Ježek *E. roumanicus* může sloužit jako hostitel pro několik rodů klíšťat: *Ixodes*, *Dermacentor*, *Hyalomma*, *Haemaphysalis* a *Rhipicephalus* (Arthur 1953; Mihalca *et al.* 2012; Dumitrache *et al.* 2013), zatímco u druhu *E. europaeus* byly nalezeny pouze rody *Ixodes* a *Rhipicephalus* (Marié *et al.* 2012). Nejčastěji zaznamenané druhy klíšťat na ježku východním i západním jsou *Ixodes ricinus* a *Ixodes hexagonus* (Beichel *et al.* 1996; Mihalca *et al.* 2012; Dziemian *et al.* 2014), kterým se z tohoto důvodu věnuji podrobněji v následujících kapitolách 2.1.1 a 2.1.2. Další druhy klíšťat byly nalezeny pouze v jednotlivých studiích a jen v rámci několika málo jedinců (Tab. 1), dá se proto předpokládat, že jejich vliv na ježky je zanedbatelný, a to i z pohledu jejich role jako vektorů patogenů.

Tabulka 1: Zaznamenané druhy klíšťat u *E. roumanicus* a *E. europaeus*, spolu se zemí výskytu.

Druh klíštěte	Druh ježka	Výskyt	Citace
<i>Dermacentor marginatus</i> Sulzer, 1776	<i>E. roumanicus</i>	Rumunsko	(Mihalca <i>et al.</i> 2012)
<i>Haemaphysalis concinna</i> Koch, 1844	<i>E. roumanicus</i>	Slovensko	(Kozuch <i>et al.</i> 1967)
<i>Haemaphysalis punctata</i> Canestrini & Fanzago, 1877	<i>E. roumanicus</i>	Velká Británie	(Arthur 1953)
<i>Hyalomma aegyptium</i> Linnaeus, 1758	<i>E. roumanicus</i>	Rumunsko	(*Feider 1965)
<i>Hyalomma marginatum</i> Koch, 1844	<i>E. roumanicus</i>	Maďarsko Rumunsko	(Földvári <i>et al.</i> 2011; Mihalca <i>et al.</i> 2012)
<i>Ixodes acuminatus</i> Neumann, 1901	<i>E. roumanicus</i>	Maďarsko	(Földvári <i>et al.</i> 2011)
<i>Ixodes crenulatus</i> Koch, 1844	<i>E. roumanicus</i>	Rumunsko	(*Feider 1965)
<i>Ixodes hexagonus</i> Leach, 1815	<i>E. roumanicus</i>	Maďarsko, Polsko, Česká republika, Slovensko aj. <sup>1</sup>	(Kozuch <i>et al.</i> 1967; Dziemian <i>et al.</i> 2014; Pfäffle <i>et al.</i> 2014)
	<i>E. europaeus</i>	Německo, Švýcarsko, Belgie, Česká republika, Velká Británie, Nizozemí, Švýcarsko, Švédsko aj. <sup>1</sup>	(Beichel <i>et al.</i> 1996; Gern <i>et al.</i> 1997; Nijhof <i>et al.</i> 2007; Skuballa <i>et al.</i> 2012; Pfäffle <i>et al.</i> 2014; Jaenson <i>et al.</i> 2015; Jahfari <i>et al.</i> 2017)
<i>Ixodes redicorzevi</i> Olenev, 1927	<i>E. roumanicus</i>	Rumunsko	(*Feider 1965)
<i>Ixodes ricinus</i> Linnaeus, 1758	<i>E. roumanicus</i>	Maďarsko, Rumunsko, Polsko, Česká republika, Slovensko aj. <sup>1</sup>	(Kozuch <i>et al.</i> 1967; Mihalca <i>et al.</i> 2012; Dziemian <i>et al.</i> 2014; Pfäffle <i>et al.</i> 2014; Szekeres <i>et al.</i> 2018)
	<i>E. europaeus</i>	Německo, Švýcarsko, Belgie, Česká republika, Velká Británie, Nizozemí, Švédsko aj. <sup>1</sup>	(Beichel <i>et al.</i> 1996; Gern <i>et al.</i> 1997; Nijhof <i>et al.</i> 2007; Skuballa <i>et al.</i> 2012; Pfäffle <i>et al.</i> 2014; Jaenson <i>et al.</i> 2015; Jahfari <i>et al.</i> 2017)
<i>Rhipicephalus bursa</i> Canestrini & Fanzago, 1877	<i>E. roumanicus</i>	Rumunsko	(*Feider 1965)
<i>Rhipicephalus rossicus</i> Yakimov & Kol-Yakimova, 1911	<i>E. roumanicus</i>	Rumunsko	(Mihalca <i>et al.</i> 2012)
<i>Rhipicephalus sanguineus</i> s.l. Latreille, 1806	<i>E. roumanicus</i> <i>E. europaeus</i>	Rumunsko Itálie, Francie	(Satta <i>et al.</i> 2011; Marié <i>et al.</i> 2012; Mihalca <i>et al.</i> 2012)

1 - Jedná se pouze o příklady výskytu klíšťat na jezcích. S velkou pravděpodobností výskyt těchto klíšťat odpovídá rozšíření ježků.

### 3.1.1 *Ixodes ricinus*

*Ixodes ricinus* (klíště obecné) se nejčastěji vyskytuje ve společenstvech smíšených lesů či u řek, ve vlhkém prostředí s hustým podrostem (Estrada-Peña 2001). Vhodný habitat je důležitý pro přežití a vývoj klíšťat (Mejlon & Jaenson 1993). Tato prostředí navíc poskytují zdroj potravy a úkryt pro mnohá zvířata, která mohou klíšťatům sloužit jako hostitelé (Pfäffle *et al.* 2011).

Klíště obecné není hostitelsky specifické, naopak je schopné parazitovat na více jak 300 druzích zvířat (Gern 2013), a to například na ptácích (Humair *et al.* 1993b), malých savcích jako jsou hlodavci a hmyzožravci (Humair *et al.* 1993a), nebo i jelenovitých (Mejlon & Jaenson 1997). Je to také nejčastěji nalézané klíště sající v Evropě na člověku, s velkou hustotou výskytu (Gern 2013).

Během vývoje *I. ricinus* mění hostitele (van Duijvendijk *et al.* 2016) tak, že číhá na vegetaci. V optimálních podmínkách lze klíšťata najít dle stádií na různých částech rostlin – larvy nejblíže k zemi, o něco výše nymfy a nejvýše dospělce. Tímto způsobem jsou rozmístěna kvůli rozdílné náchylnosti k vysychání. U země je vlhkost nejvyšší, proto se larvy zdržují nejnižší. V době sucha pak všechna stadia najdeme co nejblíže u země (Randolph & Storey 1999). Nejčastější hostitelé larev jsou hmyzožravci a hlodavci, zatímco dospělci a nymfy se častěji nalézají u větších savců (Mejlon & Jaenson 1997).

U *Ixodes ricinus* můžeme zaznamenat změny aktivity během sezóny. Nejvíce nymf, samců i samic bylo na *E. europaeus* zaznamenáno na jaře a na podzim, zatímco nejvíce larev bylo nalezeno v létě (Pfäffle *et al.* 2011). Oproti tomu studie na *E. roumanicus* ukázala největší infestaci na jaře, přičemž množství klíšťat až do podzimu klesalo (Dziemian *et al.* 2014). Rozdíly v publikovaných studiích však nemusí být dány druhovou příslušností ježků.

### 3.1.2 *Ixodes hexagonus*

*Ixodes hexagonus* (klíště ježčí) je, jak již jeho český název napovídá, hostitelsky specifické klíště parazitující především na ježcích (Arthur 1953). Můžeme ho však běžně najít i na lasicovitých šelmách, psech a kočkách (Page & Langton 1996; Ogden *et al.* 2000). Jsou zaznamenány i časté nálezy na člověku (Arthur 1953). *Ixodes hexagonus* je se svým hostitelem po celý život blízce asociované – žije v jeho hnízdech a úkrytech (Thamm *et al.* 2009; Pfäffle *et al.* 2011). Ježci si staví dva druhy hnízd – dlouhodobé na období hibernace

a reprodukci a krátkodobé na odpočinek a spánek během roku (\*Reeve 1994). Pro *I. hexagonus* je hnízdo uzavřeným habitatem s omezeným přístupem k dalším hostitelům. Proto Pfäffle *et al.* (2011) diskutují, že velké populace ektoparazitů mohou mít negativní vliv na hostitele, což zpětně ovlivňuje i reprodukci a přežívání ektoparazitů samotných.

U *I. hexagonus* nebyly na *E. europaeus* ani na *E. roumanicus* zaznamenány sezónní rozdíly aktivity (Pfäffle *et al.* 2011; Dziemian *et al.* 2014). Výskyt všech stádií tohoto klíštěte během celého roku může být způsoben stabilním mikroklimatem v hnízdech a úkrytech. Zdá se, že rozdíl v sezónnosti výskytů *I. ricinus* a *I. hexagonus* je způsoben i výkyvy v abundanci ostatních hostitelů klíštěte obecného (Dziemian *et al.* 2014).

### 3.2 Blechy

Blechy patří do řádu Siphonaptera, třídy Insecta, do kmenu Arthropoda. Blechy patří mezi parazitický hmyz s proměnou dokonalou, se stadii vajíčka, larvy, kukly a dospělce. Většina druhů má tři larvální stadia (Durden & Traub 2002). Délka životního cyklu záleží na teplotě a vlhkosti, průměrně však trvá od 30 do 75 dní (Marquardt *et al.* 2004). Blechy jsou drobné, ze stran zploštělé a bezkřídlé. Larvy nemají oči ani nohy, zato dospělci mají zadní pár nohou extrémně zvětšený a uzpůsobený ke skákání. Ústní ústrojí mají přeměněné na bodavě-savé, vyhovující jejich způsobu příjmu potravy. Zato larvy, které žijí typicky volně, mají ústní ústrojí kousací (Štěpánek *et al.* 1957).

Samice blech mohou klást až stovky vajíček. Kladou je typicky jednotlivě, a to buď na hostitele nebo přímo do jeho hnízda. Vajíčka jsou lepivá, nejdříve na hostiteli drží, ale také z něj často spadnou do jeho hnízda. Stádium kukly trvá 1–2 týdny, ale délka může být ovlivněna teplotou a dostupností hostitele. Některé druhy jsou schopné setrvat v kokonu až do doby, než se objeví vhodný hostitel. Jsou ho schopné vycítit podle jeho tělesné teploty, pohybů vzduchu, vibrací, změn intenzity světla a pachů (Durden & Traub 2002). Někteří dospělci tráví všechnen čas na hostiteli, jiní žijí v jeho hnízdě a na hostiteli pobývají jen po dobu příjmu potravy. K přenosu mezi hostiteli může dojít nejčastěji při kontaktu matky s mláďaty či při páření. Páření u blech je často ovlivněné sezónní dostupností hostitele nebo jeho vlastní reprodukcí (Marquardt *et al.* 2004).

Jedná se o parazity živící se především kůží, srstí nebo peřím svých hostitelů. Některé druhy kůži naruší svým ústním ústrojím a sají vytékající krev. K tomu jim pomáhají

sliny obsahující antikoagulanty. Larvy se často živí organickými zbytky nebo také suchou krví z trusu dospělých blech. Jsou typickými parazity savců a ptáků. Zpravidla nejsou hostitelsky specifické, což zvětšuje jejich význam při přenosu patogenů (Marquardt *et al.* 2004). Mezi nejznámější patogeny přenosné blechami patří bakterie *Yersinia pestis*, původce moru (Štěpánek *et al.* 1957).

Nejčastěji nalezený druh blechy jak u *E. roumanicus*, tak u *E. europaeus* je *Archaeopsylla erinacei* (Thamm *et al.* 2009; Hornok *et al.* 2014). Další druhy blech na ježcích byly zaznamenány jen v rámci jednotlivců, a to jen v několika málo studiích (Tab. 2). Nezdá se proto, že by měly zásadní vliv na zdravotní stav ježků či přenos patogenů mezi nimi a dalšími hostiteli.

Tabulka 2: Zaznamenané druhy blech u *E. roumanicus* a *E. europaeus*, spolu se zemí výskytu.

Druh blechy	Druh ježka	Výskyt	Citace
<i>Archaeopsylla erinacei</i> Bouché, 1835	<i>E. roumanicus</i>	Shodné s rozšířením <i>E. roumanicus</i> ve Východní Evropě	(Rosický 1957)
	<i>E. europaeus</i>	Západní Evropa kromě Španělska a Portugalska	(Rosický 1957; Thamm <i>et al.</i> 2009; Marié <i>et al.</i> 2012)
<i>Ctenocephalides canis</i> Curtis, 1826	<i>E. roumanicus</i>	Maďarsko	(Földvári <i>et al.</i> 2011)
	<i>E. europaeus</i>	Německo, Polsko, Nizozemsko, Irsko, Norsko	(Visser <i>et al.</i> 2001)
<i>Ctenocephalides felis</i> Bouché 1835	<i>E. europaeus</i>	Německo	(Visser <i>et al.</i> 2001)
<i>Ctenophthalmus agyrtes</i> Heller, 1896	<i>E. europaeus</i>	Německo, Polsko, Nizozemsko, Irsko, Norsko	(Visser <i>et al.</i> 2001)
<i>Ctenophthalmus nobilis</i> Rothschild, 1898	<i>E. europaeus</i>	Německo, Polsko, Nizozemsko, Irsko, Norsko	(Visser <i>et al.</i> 2001)
<i>Palaeopsylla minor</i> Dale, 1878	<i>E. europaeus</i>	Německo, Polsko, Nizozemsko, Irsko, Norsko	(Visser <i>et al.</i> 2001)
<i>Hystrihopsylla talpae</i> Curtis, 1826	<i>E. europaeus</i>	Německo, Polsko, Nizozemsko, Irsko, Norsko	(Visser <i>et al.</i> 2001)
<i>Ceratophyllus gallinae</i> Schrank 1803	<i>E. europaeus</i>	Německo	(Visser <i>et al.</i> 2001)
<i>Malaraeus penicilliger mustelae</i> Dale, 1878	<i>E. europaeus</i>	Německo, Polsko, Nizozemsko, Irsko, Norsko	(Visser <i>et al.</i> 2001)
<i>Megabothris turbidus</i> Rothschild, 1909	<i>E. europaeus</i>	Německo, Polsko, Nizozemsko, Irsko, Norsko	(Visser <i>et al.</i> 2001)
<i>Nosopsyllus fasciatus</i> Bosc, 1800	<i>E. europaeus</i>	Německo, Polsko, Nizozemsko, Irsko, Norsko	(Visser <i>et al.</i> 2001)

*Archaeopsylla erinacei* (blecha ježčí) patří do čeledi Pulicidae a podčeledi Archaeopsyllinae spolu s blechami *Ctenocephalides canis* a *C. felis* (Rosický 1957). *Archaeopsylla erinacei* je typickým parazitem ježků (východního i západního), tchořů, krys, koček, psů i člověka (Pomykal 1985; Visser *et al.* 2001; Deplazes *et al.* 2016). Vyskytuje se v Evropě a Severní Americe (Deplazes *et al.* 2016). Kočky a psi se stanou hostitelem této blechy, když zaútočí na ježka, a tak s ním přijdou do kontaktu (Bond *et al.* 2007). Na ježcích se blecha drží na ochlupených částech těla (Rosický 1957). Byla nalezena na ježcích i v období hibernace, kdy se ale nekrmí ani nedochází k reprodukci (Krasnov 2008). Je časté, že se na svých hostitelích vyskytuje ve vysokých množstvích až v rámci stovek jedinců (Rosický 1957).

*Ctenocephalides felis* (blecha kočičí) je velice častým parazitem koček a psů, může ale také napadat vačice, myšy nebo krysy (Marquardt *et al.* 2004). Velice zřídka tato blecha může přejít i na člověka, což je důležité především při přenosu patogenů. *Ctenocephalides canis* (blecha psí) je blízce příbuzná *C. felis*. Jako hostitelé slouží psi, kočky, lidi nebo i potkani. Blecha psí je rozšířena skoro po celém světě, až na místa nepříznivá pro vývoj larev jako jsou například velmi suché oblasti (Rosický 1957).

Blechy *Ceratophyllus gallinae* (blecha slepičí), *Malaraeus penicilliger* (syn. *Amalaraeus penicilliger*), *Megabothris turbidus* (syn. *Gebiella turbidus*) a *Nosopsyllus fasciatus* (blecha krysí) patří do čeledi Ceratophyllidae. Jedná se o velmi různorodou čeleď, co se morfologických znaků týče (Rosický 1957). *Nosopsyllus fasciatus* je parazitem především krys, ale může napadat i jiné savce, například myši, hraboše a někdy i lidi (Marquardt *et al.* 2004). Hostitelem pro *Ceratophyllus gallinae* jsou především ptáci (Harper *et al.* 1992).

*Palaeopsylla minor*, *Ctenophthalmus agyrtes* a *Ctenophthalmus nobilis* jsou řazeny do čeledi Ctenophthalmidae. Blecha *Ctenophthalmus agyrtes* není příliš hostitelsky specifická, vyskytuje se na drobných zemních savcích (Rosický 1957).

Do čeledi Hystrichopsyllidae patří blecha *Hystrichopsylla talpae* (blecha krtčí). Zástupci této čeledi se vyskytují v palearktických a nearktických oblastech. Jedná se o parazity drobných zemních savců (Rosický 1957).



## 4 Vektory přenášené patogeny ježků

### 4.1 Virové zoonózy

Virové patogeny ježků, které jsou přenášené vektory, patří do dvou skupin: *Bunyaviridae* a *Flaviviridae*.

*Flaviviridae* je skupina zahrnující více jak 70 virů. Jedná se o obalené viry, jejichž genom tvoří pozitivní jednovláknová RNA. Dělíme je do čtyř rodů: *Flavivirus*, *Pestivirus*, *Pegivirus* a *Hepacivirus*. Mnohé z těchto virů jsou přenášené členovci a jsou významnými patogeny pro člověka. Mezi nejdůležitější zástupce patří virus žluté zimnice (Yellow Fever virus), virus západonilské horečky (West Nile virus), virus Japonské encefalitidy (Japanese Encephalitis virus) nebo virus klíšťové encefalitidy (Tick-Borne Encephalitis virus) (Gubler *et al.* 2007; Simmonds *et al.* 2017).

Čeleď *Bunyaviridae* obsahuje čtyři rody virů přenosných na zvířata (*Orthobunyavirus*, *Phlebovirus*, *Nairovirus*, *Hantavirus*) a jeden přenosný na rostliny (*Tospovirus*). Většina virů z této čeledi je přenášená členovci, nejčastěji komáry. Výjimkou je rod *Hantavirus*, který se přenáší z exkrementů či moči hlodavců. Jedná se o obalené viry s negativní jednovláknovou RNA. Nejvýznamnějšími viry z čeledi *Bunyaviridae* jsou viry skupiny Kalifornské encefalitidy, virus krymsko-konžské hemoragické horečky (Crimean-Congo haemorrhagic fever virus) či virus horečky Údolí Rift (Rift Valley Fever virus) (Schmaljohn & Nichol 2007; Plyusnin *et al.* 2018).

#### 4.1.1 Bhanja virus

Bhanja virus patří do čeledi *Bunyaviridae* (Plyusnin *et al.* 2018). Známé rozšíření viru je v Africe, jižní Asii a Evropě (Hubálek 1987). Tento virus je přenosný pomocí klíšťat rodů *Haemaphysalis*, *Dermacentor*, *Hyalomma*, *Rhipicephalus*, *Boophilus* a *Amblyomma* (Hubálek 2009). Mezi obratlovčí hostitele viru patří lidé (Calisher & Goodpasture 1975), ovce (Mádr *et al.* 1984), kozy (Hubálek 2009) a afričtí ježci (Kemp *et al.* 1974). Bhanja virus byl nalezen i u *E. europaeus*. Laboratorní pokusy ale ukázaly, že u nakažených ježků nebyla detekovatelná virémie a množství protilátek v krvi bylo malé. Nespecifická imunitní odpověď je u ježků v tomto případě dostačujícím obranným mechanismem, takže se neaktivuje speciální humorální odpověď. Ježek proto zřejmě neslouží jako amplifikující hostitel, může ale sloužit jako pasivní distributor nakažených klíšťat (Hubálek *et al.* 1984).

U člověka se virová infekce projevuje bolestmi kloubů a svalů, bolestmi hlavy, fotofobií a zvýšenou teplotou (Calisher & Goodpasture 1975).

#### 4.1.2 Virus krymsko-konžské hemoragické horečky

Krymsko-konžská hemoragická horečka je onemocnění způsobené virem z rodu *Nairovirus*, z čeledi *Bunyaviridae* (Plyusnin *et al.* 2018). Tento virus je rozšířen ve východní Evropě, Asii a Africe. Je přenášen pomocí klíšťat, především rodem *Hyalomma*. Klíšťata nakazí své přirozené hostitele (zajíce, ovce, kozy) virem, infekce u nich však probíhá bezpříznakově. U lidí je infekce většinou symptomatická. Ze začátku se projevuje jako febrilní onemocnění se zimnicí, bolestmi hlavy, závratěmi, bolestmi krku a svalovými křečemi. Nejdůležitějším symptomem je hemoragická horečka, která je spojená s velkou úmrtností (Broom *et al.* 2003).

Virus je přenosný i na ježky. U *E. europaeus* se infekce nevyvíjí a po experimentální inokulaci virem, nebyl virus v krvi ježka zaznamenán (\*Blagoveshchenskaya *et al.* 1975). U ježků afrických virus detekován byl, byla zjištěna vysoká virémie i protilátky proti viru (\*Blagoveshchenskaya *et al.* 1972, \*Smirnova 1979). Proto se předpokládá, že tento druh ježka slouží pro virus Krymsko-konžské horečky jako rezervoárový hostitel (\*Blagoveshchenskaya *et al.* 1975).

#### 4.1.3 Ťahyňa virus

Ťahyňa virus byl poprvé izolován na východním Slovensku (Bardos & Danielová 1959). Patří mezi *Bunyaviridae* do rodu *Orthobunyavirus*, v rámci kterého se řadí mezi viry Kalifornské antigenní skupiny (Plyusnin *et al.* 2018). Virus je endemický v Africe, Asii a Evropě (Bárdoš 1974; Hubálek *et al.* 2005; Gould *et al.* 2006; Kuniholm *et al.* 2006; Lu *et al.* 2009). Přenos je zajištěn pomocí komárů z podčeledí Culicinae a Anophelinae (Bardos & Danielová 1959; Hubálek 2008). Mezi jeho hostitele patří králíci (Rödl *et al.* 1979), ježci (*E. roumanicus*), zajíci, tur, psi a hlodavci. Nejdůležitější a možná i amplifikující hostitelé jsou mladí zajíci a prasata (Bárdoš 1975).

Lidské infekce v endemických oblastech jsou poměrně časté. Protilátky byly nalezeny u 60–80 % starší populace. U lidí může virus způsobovat tzv. valtickou horečku. Nejčastěji se nakazí děti v létě a na začátku podzimu. Infekce se projevuje jako 3–5denní náhlé horečky a svalové křeče. U některých případů může dojít k bronchopneumonii,

vzácně se může projevit jako aseptická meningitida (Bárdoš 1974). Většina infekcí je však asymptomatických nebo jen s mírnými příznaky (Hubálek *et al.* 1978). Persistence viru v prostředí i během zimního období je možná díky přetrvávání viru v přezimujících komárech. V ježcích byla zaznamenána dostatečná virémie pro nakažení komárů, protože ježci jsou citliví i k malému množství viru. Simkova (\*1966) diskutuje, že by ježci mohli sloužit jako rezervoároví hostitelé (\*Simkova 1966). V jiné studii se ale ukázalo, že ježci (východní a západní) nejspíš neslouží jako hostitelé přes období hibernace (Málková *et al.* 1969).

#### 4.1.4 Virus klíšťové encefalitidy

Virus klíšťové encefalitidy patří do rodu *Flavivirus* a čeledi *Flaviviridae*. Do tohoto rodu patří viry přenášené komáry, viry přenášené klíšťaty, specificky hmyzí flaviviry (množící se výhradně ve členovcích) a viry, které byly nalezeny pouze u obratlovců a nemají známého přenašeče (Simmonds *et al.* 2017). Viry klíšťové encefalitidy (Tick Borne Encephalitis virus, TBEV) dělíme na tři antigenní subtypy: evropský, sibiřský a dálnovýchodní (Ecker *et al.* 1999). Evropský subtyp je rozšířený v Evropě a severní Asii (Sonenshine *et al.* 2002).

Virus klíšťové encefalitidy je přenášen především klíštětem *Ixodes ricinus* (Gresíková & Nosek 1967). Průměrný počet infikovaných klíšťat *I. ricinus* se liší v různých letech a různých oblastech, obvykle se pohybuje pod 1 % (Süss *et al.* 2004; Achazi *et al.* 2011). Mezi další klíšťata, která zajišťují přenos, patří *Ixodes gibbosus*, *I. hexagonus*, *I. trianguliceps*, *I. arboricola*, *Haemaphysalis concinna*, *H. inermis*, *H. punctata*, *Dermacentor marginatus*, *D. reticulatus* a *Hyalomma marginatum* (Růžek 2005).

Přenos TBEV probíhá mezi rezervoárovým nebo amplifikujícím hostitelem a klíštětem. Jako hostitelé většinou slouží malí hlodavci a hmyzožravci (Růžek 2005). Malí hlodavci se po nákaze stávají vůči infekci imunní. Mají však krátký život, a je tedy nepravděpodobné, že dojde k reinfekci (Kozuch *et al.* 1967). Jejich vysoká reprodukční rychlost, a tím dostupnost imunitně naivních jedinců náchylných k infekci, dělá z hlodavců ideální amplifikující hostitele (\*Blaskovic & Nosek 1972). Velkou roli jako rezervoároví hostitelé, zdá se, hrají ježci. Virus byl zaznamenán jak u *E. roumanicus* (Kozuch *et al.* 1967), tak u *E. europaeus* (Schönbächler *et al.* 2019). Bylo u nich nalezeno podstatně více protilátek než u hlodavců, což může být způsobeno jejich delším životem, a tím zvýšenou

pravděpodobností reinfekce (Kozuch *et al.* 1967). V jiné studii ale zjistili, že jsou ježci *E. europaeus* k viru velice rezistentní (nebyl zaznamenán virus TBEV po nakažení) a že není vysoká pravděpodobnost přenosu viru pomocí co-feedingu, viz níže (Labuda *et al.* 1993b). K izolacím TBEV došlo i z klíšťat odchycených z ježků (Kozuch *et al.* 1967).

Další hostitelé viru klíšťové encefalitidy jsou ptáci, jejichž přesná role v přenosu a šíření viru není plně objasněna. Dále jako hostitelé figurují psi, divoká prasata nebo i jeleni. Tito živočichové slouží jako hostitelé pro klíšťata, jejich role při přenosu viru však není tak velká kvůli nízké virémii a krátké infekční době (Růžek 2005). Hostiteli viru klíšťové encefalitidy mohou být i hospodářská zvířata, což je z epidemiologického hlediska významné i proto, že k nákaze lidí může dojít alimentární cestou přes nepasterizované mléko (Kříž *et al.* 2009).

Klíšťata se často vyskytují během krmení blízko sebe, protože sají na hostiteli několik dní a doba sání jednotlivých klíšťat se tak překrývá. Rozšíření klíšťat hledající hostitele je nenáhodné, protože samice klade vajíčka na jedno místo. Vliv má také biologie potencionálních hostitelů a jejich predispozice stát se hostitelem. Různá vývojová stadia a druhy klíšťat ukázala různou afinitu k odlišným částem těla hostitele. To má vliv hlavně u přenosu viru pomocí tzv. co-feedingu (Randolph *et al.* 1996). Jedná se o přenos mezi ektoparazity bez nakažení jejich obratlovčího hostitele (Labuda *et al.* 1993a). Tak se mohou nakazit jen klíšťata sající blízko místa sání nakaženého klíštěte. U hlodavců a dalších malých savců, kde se většina nymf vyskytuje na uších, to znamená, že musí být alespoň na stejném uchu. Na větších hostitelích je větší disperze klíšťat, proto k neviremickému přenosu nebude docházet tak často (Randolph *et al.* 1996). Možnost přenosu mezi klíšťaty bez nakažení obratlovčího hostitele je v koloběhu viru významná, protože obratlovci bývají infekční jen velice krátkou dobu (\*Kozuch 1967). Co-feeding tak zajišťuje další způsob přenosu viru. Tím se zvyšuje i důležitost nenakažených hostitelů napadených klíšťaty v přenosu onemocnění (Randolph *et al.* 1996).

Dalším způsobem přenosu viru je pochopitelně nakažení obratlovčího hostitele (Růžek 2005). Sliny klíštěte při tom hrají důležitou roli v překonání imunity obratlovce (Chmelar *et al.* 2012). Rozlišujeme systémovou infekci, která probíhá v celém těle a nesystémovou infekci, která probíhá jen v části těla (Randolph *et al.* 1996). Z nakaženého obratlovčího hostitele se pak následně nakazí i sající ektoparazit (Růžek 2005). Může také docházet k vertikálnímu přenosu mezi generacemi (Bakhvalova *et al.*

2009) a sexuální transmissi jak u klíšťat, tak u jejich teplokrevných hostitelů (\*Gerlinskaya *et al.* 1997).

Závažnost průběhu onemocnění klíšťovou encefalitidou u člověka je závislá na virulenci daného subtypu. V 70–95 % případech je infekce asymptomatická (Gritsun *et al.* 2003). U nákazy evropským subtypem rozlišujeme dvě fáze. První fáze se projevuje jako chřipka, ale u některých pacientů vůbec nemusí probíhat. Druhá fáze má zpravidla mírný průběh, fatální následky nastanou pouze v cca 1 % případů. Projevuje se jako meningitida, encefalomyelitida nebo meningoencefalitida (Růžek 2005). Protože ještě neexistuje žádný způsob kauzální léčby, důležitá z hlediska ochrany je především prevence. Největší význam z hlediska prevence má očkování, které je prováděno inaktivovanou vakcínou (Růžek 2005).

## 4.2 Bakteriální zoonózy

### 4.2.1 *Anaplasma phagocytophilum*

Lidské onemocnění anaplazmóza, dříve označováno jako ehrlichioza, je způsobeno bakterií *Anaplasma phagocytophilum*. Tato bakterie patří do řádu Rickettsiales, čeledi Anaplasmataceae. Čeleď Anaplasmataceae se dělí na pět rodů: *Anaplasma*, *Neorickettsia*, *Ehrlichia*, *Aegyptianella* a *Wolbachia*. V současnosti uznávaný druh *A. phagocytophilum* nahradil dříve uznávané tři druhy bakterií: *Ehrlichia phagocytophilum*, *E. equi* a patogen způsobující granulocytickou anaplazmózu člověka (Dumler *et al.* 2001). Dle jedné z novějších studií můžeme u této bakterie rozlišit čtyři ekotypy, které se liší zejména svými hostiteli. Pouze jeden z těchto ekotypů (ekotyp I) je patogenní pro člověka (Jahfari *et al.* 2014).

Jedná se o gramnegativní bakterie, které jsou obligátními intracelulárními parazity a jsou přenášeny pomocí klíšťat (Bown *et al.* 2003; Hartelt *et al.* 2004). Bakterie byly zaznamenány u klíšťat *Ixodes ricinus*, *I. hexagonus* (Nijhof *et al.* 2007), *I. trianguliceps* (Bown *et al.* 2003), *I. scapularis* (Levin & Fish 2002), *I. spinipalpis* (Zeidner *et al.* 2017), *I. pacificus* (Teglas & Foley 2006) a *Haemophysalis punctata* (\*MacLeod 1932).

Jako hostitelé mohou sloužit hlodavci, jelenovití (Ogden *et al.* 2003), kozy (Gray *et al.* 1988), ovce (MacLeod & Gordon 1933) nebo lišky (Sréter *et al.* 2004). *Anaplasma phagocytophilum* byla zaznamenána i u ježků *E. europaeus* (Nijhof *et al.* 2007) a *E. roumanicus* (Dumitrache *et al.* 2013). Jahfari *et al.* (2014) našli v ježcích pouze ekotyp I, tedy jediný ekotyp, který je patogenní pro člověka. Tento ekotyp má dvě varianty, v ježcích byla jako dominantní nalezena varianta A (podle 16 S rRNA). Z ježků byla však izolována i varianta B, což z nich dělá první hostitele, u kterých byla prokázána infekce oběma typy (Silaghi *et al.* 2012). Podle dalšího výzkumu se zdá, že prevalence infekce *A. phagocytophilum* je v populaci ježků nízká (Jahfari *et al.* 2017). Silaghi *et al.* (2012) diskutují, že infekce u ježka je krátkodobá a musí docházet k reinfekci, aby byl ježek delší dobu infekční. Kromě izolace z ježků, byla bakterie *A. phagocytophilum* izolována i z klíšťat nalezených na ježcích (ježek východní i západní) (Jahfari *et al.* 2017, Szekeres *et al.* 2018).

Prevalence nakažených klíšťat *I. ricinus* závisí na životním stadiu klíštěte a místě výskytu. Byly zaznamenány hodnoty prevalence mezi 0,5 a 5 % (Walker *et al.* 2001; Sréter

*et al.* 2004). Studie ukazují, že v koloběhu *A. phagocytophilum* nehraje transovariální přenos mezi klíšťaty důležitou roli (Beninati *et al.* 2006).

Infekce je přenosná i na člověka. Projevuje se symptomy podobnými chřipce-horečky, bolesti hlavy, myalgie, nevolnost, zimnice, anorexie a kašel (Bakken & Dumler 2006). Dále byly zaznamenány inkluze v granulocytech (Chen *et al.* 1994). V Evropě má onemocnění mírnější formu, zatímco v Americe může způsobit i smrt (Chen *et al.* 1994; Blanco & Oteo 2002).

#### 4.2.2 *Borrelia* spp.

Lymeská borelióza je působena patogeny z komplexu *Borrelia burgdorferi* sensu lato. Řadí se do skupiny Spirochaetales (Burgdorfer *et al.* 1982). Je popsáno nejméně 19 různých genotypů, které se liší ve své distribuci, hostitelské specifitě i klinické manifestaci (Mannelli *et al.* 2012). Tento patogen je rozšířen po Evropě (Hubálek & Halouzka 1997), Americe (Mathiesen *et al.* 2011) a Asii (Masuzawa 2004). Druhy tohoto komplexu, které jsou patogenní pro člověka a vyskytují se v Evropě, jsou *B. garinii*, *B. burgdorferi* sensu stricto (van Dam *et al.* 2011), *B. bavariensis*, *B. afzelii* (Coipan *et al.* 2016), *B. spielmanii* (Földvári *et al.* 2005), *B. lusitaniae* (Couceiro *et al.* 2004), *B. valaisiana* (Stanek *et al.* 2012) a *B. bissettii* (Rudenko *et al.* 2009). Onemocnění podobné lymeské borelióze může u lidí způsobit i druh *Borrelia miyamotoi*, který však do komplexu *Borrelia burgdorferi* s.l. nepatří (Platonov *et al.* 2011; van Duijvendijk *et al.* 2016).

Bakterie *Borrelia* spp. byla izolována z klíšťat rodu *Ixodes* (Jahfari *et al.* 2017), *Haemaphysalis* (Anderson & Magnarelli 1984), *Rhipicephalus* (Rawlings 1986), *Amblyomma* (Schulze *et al.* 2006) a *Dermacentor* (Anderson *et al.* 1985). Jako kompetentní vektor, a v Evropě i vektor hlavní, slouží klíšťata z komplexu *I. ricinus* (Gern *et al.* 1991; Jahfari *et al.* 2017). Přenos byl prokázán i u klíštěte *I. dentatus* (Telford & Spielman 1989), *I. hexagonus* (Jahfari *et al.* 2017) a *I. persulcatus* (Mannelli *et al.* 2012).

U ježků *E. roumanicus* i *E. europaeus* byly nalezeny genotypy *B. spielmanii*, *B. afzelii* a *B. bavariensis* (Skuballa *et al.* 2012). Genotypy *B. garinii* a *B. burgdorferi* s.s. byly nalezeny pouze u *E. europaeus* (Gern *et al.* 1997; Skuballa *et al.* 2007). Rozdíl v zaznamenaných patogenech u *E. europaeus* a *E. roumanicus* může však být způsoben jen tím, že se většina výzkumů zaměřuje na *E. europaeus* (Dziemian *et al.* 2014). Zaznamenaný velký počet jedinců nakažených druhy *B. spielmanii*, *B. bavariensis*

a *B. afzelii* u klíšťat nalezených na *E. europaeus* dokazuje důležitost ježka v jejich životním cyklu (Jahfari *et al.* 2017). U některých ježků se může vyvinout i klinická manifestace nemoci lymské boreliózy (Gern *et al.* 1997). *Borrelia miyamotoi* byla nalezena v klíšťatech *I. hexagonus* nasátých na ježcích (Jahfari *et al.* 2017).

Zdá se, že prevalence infekcí *B. bavariensis* a *B. miyamotoi*, je v populaci ježků nízká (Jahfari *et al.* 2017). Možnost přenosu pomocí co-feedingu byla potvrzena u *B. garinii* (Sato & Nakao 1997), *B. burgdorferi* s.s. (Gern & Rais 1996) a *B. afzelii* (Richter *et al.* 2002a). Transovariální přenos byl prokázán jen u bakterie *B. miyamotoi* (Scoles *et al.* 2001; Rollend *et al.* 2013).

Lymská borelióza je nejvíce rozšířené onemocnění přenášené klíšťaty. Projevy onemocnění se liší podle lokality. Nejspíš se jedná o různé rozšíření genotypů, které způsobují rozdílné symptomy. Vysoká incidence je mezi staršími lidmi ve věku kolem 60 let. I když celkově byla zaznamenána vyšší incidence u dospělých, u dětí se častěji projevovaly vážnější symptomy. Nejčastěji se infekce projevuje jako tzv. erythema migrans. Dalšími projevy jsou například lymphocytom, kožní manifestace acrodermatitis chronica atrophicans (chronické kožní onemocnění charakterizované výraznou atrofií ztenčením kůže), neuroborelióza či lymská artritida (Huppertz *et al.* 1999). V Americe byla vyvinuta lidská vakcína proti lymské borelióze, která ale byla stáhnuta z trhu kvůli strachu z vedlejších účinků a snižujícím se prodeji (Steere *et al.* 2002; Nigrovic & Thompson 2007). V současné době probíhá výzkum na dalších vakcínách (Comstedt *et al.* 2014).

#### 4.2.3 *Bartonella* spp.

*Bartonella* spp. jsou gramnegativní bakterie, které patří do čeledi Bartonellaceae (Brenner *et al.* 1993). Rod *Bartonella* má mnoho subtypů, u 11 z nich se předpokládá, že jsou patogenní pro člověka (Chomel *et al.* 2006). Subtypy považované za lidské patogeny, jsou například *B. henselae*, *B. bacilliformis*, *B. quintana* a *B. elizabethae*. Nejvýznamnějšími onemocněními způsobenými bakteriemi *Bartonella* spp. jsou tzv. zákopová horečka, nemoc kočičího škrábnutí nebo Carrionova choroba. Carrionova choroba má dvě fáze: první fáze je hemolytická anémie a chronická fáze se projevuje jako vaskulární proliferativní kožní léze (Anderson & Neuman 1997).

Přenos bakterie *Bartonella* spp. byl potvrzen u flebotomů skupiny *Lutzomyia* (Billeter *et al.* 2008; Ellis *et al.* 2017), vši (Swift 1920; Sasaki *et al.* 2006) a blech (Koehler



*et al.* 1994; Hornok *et al.* 2014). Jako rezervoároví hostitelé slouží široké spektrum živočichů. Jejich infekce je charakteristická dlouhotrvající intraerytrocytární bakteriémií, která ale nezpůsobuje hostiteli vážnější problémy. Když dojde k nakažení nového hostitele, dochází ke klinické manifestaci, jejíž závažnost záleží na imunitním stavu daného jedince a druhu bakterie. Potvrzenými rezervoárovými hostiteli pro *Bartonella* spp. jsou například hlodavci, přežvýkavci, kočky, psi, ovce i lidé (Vayssier-Taussat *et al.* 2009; Ebani *et al.* 2015; Marciano *et al.* 2016). I když člověk může být nakažen více subtypy, jako rezervoárový hostitel figuruje jen pro *B. bacilliformis* a *B. quintana* (Vayssier-Taussat *et al.* 2009).

Jako hostitelé patogenu *Bartonella* spp. mohou sloužit ježci *E. concolor* (Marciano *et al.* 2016), *Atelerix algirus* (Bitam *et al.* 2012) a *E. roumanicus*. U izolace z *E. roumanicus* není známo, o jaký subtyp se jedná (Szekeres *et al.* 2018). *Bartonella henselae* byla izolována z blechy *Archaeopsylla erinacei*, která byla nalezena na *E. roumanicus* (Hornok *et al.* 2014). V Alžírsku byly *B. clarridgeiae* a *B. elizabethae* izolovány také z blechy *A. erinacei* (Bitam *et al.* 2010).

#### 4.2.4 *Neoehrlichia mikurensis*

Bakterie *Neoehrlichia mikurensis* byla poprvé zaznamenána jako patogen u člověka roku 2010 (Welinder-Olsson *et al.* 2010). Jedná se o gramnegativní bakterii, která patří mezi  $\alpha$ -proteobakterie, do čeledi Anaplasmataceae. *Neoehrlichia mikurensis* je blízce příbuzná k patogenu *Anaplasma* spp. a *Ehrlichia* spp. Tuto bakterii se ještě nepodařilo kultivovat (Kawahara *et al.* 2004; Portillo *et al.* 2018). Rod *Neoehrlichia* kromě *N. mikurensis* zahrnuje přinejmenším další čtyři druhy (Yabsley *et al.* 2008; Hodžić *et al.* 2015; Gofton *et al.* 2016; Hornok *et al.* 2017), žádný z nich ale není patogenní pro člověka (Portillo *et al.* 2018).

Jako hlavní vektor k přenosu *N. mikurensis* slouží klíště *Ixodes ricinus* (Garcia-Alvarez *et al.* 2013; Portillo *et al.* 2018). Bakterie byla zaznamenána také u *I. hexagonus* (Jahfari *et al.* 2017), *I. ovatus* (Kawahara *et al.* 2004), *I. persulcatus* (Garcia-Alvarez *et al.* 2013), *I. trianguliceps* (Blaňarová *et al.* 2016) *I. frontalis* (Movila *et al.* 2013) a *Dermacentor reticulatus* (Krücken *et al.* 2013). K přenosu bakterie však může docházet i transplacentárně v populaci obratlovčího hostitele. Jako hlavní rezervoároví hostitelé slouží hlodavci (Obiegala *et al.* 2014). Dále byl patogen zaznamenán v divokých prasatech, medvědech a jezevcích (Beck *et al.* 2014). Bakterie *N. mikurensis* byla nalezena také

u *E. roumanicus*, který možná slouží jako další rezervoárový hostitel (Földvári *et al.* 2014). Kromě toho byla bakterie *N. mikurensis* izolována i z klíšťat odchycených z ježků *E. europaeus* (Jahfari *et al.* 2017).

U člověka se infekce projevuje bolestí hlavy, zvýšenou teplotou a nevolností. Dále byly u některých pacientů zaznamenány tyto symptomy: zvracení, svalové křeče a ztuhlý krk, výjimečně může vyvolat astralgiu, průjem nebo kašel (Li *et al.* 2012).

#### 4.2.5 *Rickettsia* spp.

Rod *Rickettsia* patřil spolu s rody *Ehrlichia* a *Coxiella* do řádu Rickettsiales. Podle nového řazení ale byly ostatní řády přemístěny a *Rickettsia* je jediný rod v řádu Rickettsiales (Brenner *et al.* 1993; Raoult & Roux 1997). Jedná se o gramnegativní bakterie, které jsou obligátními intracelulárními parazity (Pavlík 1996). Rod *Rickettsia* dělíme na dvě skupiny podle onemocnění, které vyvolávají. Jedná se o skupinu tyfovou, kam patří *R. typhi*, *R. prowazekii* a *R. canada* a skupinu exantémových (purpurových) horeček, která zahrnuje okolo 20 druhů (Pavlík 1996; Raoult & Roux 1997).

K přenosu mezi hostiteli dochází buď přes slinnou sekreci vektorů, nebo přes jejich trus. Jako přenašeči slouží blechy (Gilles *et al.* 2008), klíšťata (Marié *et al.* 2012), vši (Comer *et al.* 2001), roztoči nebo komáři (Pavlík 1996). U klíšťat byl zaznamenán transovariální přenos infekce (Raoult & Roux 1997) a také byl prokázán sexuální přenos mezi klíšťaty v laboratorních podmínkách (Hayes *et al.* 1980). Při transovariálním přenosu se však projevoval letální efekt bakterie *R. rickettsii* na mladá klíšťata, což způsobovalo neočekávaně nízkou nakaženost dospělých klíšťat (Niebylski *et al.* 1999). Dalšími způsoby přenosu, které jsou však nezávislé na členovcích, je nákaza přes nepasterizované mléko nebo inhalace bakterií. Hostiteli bakterií rodu *Rickettsia* mohou být lidé, hlodavci, jelenovití a hospodářská zvířata (Pavlík 1996).

Mnoho druhů rodu *Rickettsia* je patogenní pro člověka, ale jen pro *R. prowazekii* je člověk hostitelem primárním (Raoult & Roux 1997). Nejznámější onemocnění člověka spojená s rodem *Rickettsia* jsou skvrnitý tyfus (*R. prowazekii*), Volyňská zákopová horečka (*R. quintana*) či, v Americe rozšířená, horečka Skalických hor (*R. rickettsii*). Skvrnitý tyfus se projevuje jako náhlé horečky, třesavka a bolesti hlavy. Později dochází k poškození centrálního nervového systému a v 50 % případů je onemocnění letální (Pavlík 1996).

V ježcích *E. roumanicus* byla nalezena *Rickettsia helvetica* (Szekeres *et al.* 2018). U klíšťat *Rhipicephalus sanguineus* odchycených z ježků *E. europaeus* byla nalezena *R. massiliae*, u *Ixodes ricinus* a *I. hexagonus* byla detekována *R. helvetica* (Marié *et al.* 2012; Stańczak *et al.* 2016). V blechách *Archaeopsylla erinacei*, odchycených z ježků *E. europaeus*, byla nalezena *R. felis* (Marié *et al.* 2012). Role ježků v životním cyklu bakterií rodu *Rickettsia* zatím není úplně jasná (Marié *et al.* 2012), je však pravděpodobné, že ježci jsou nakaženi těmito bakteriemi prostřednictvím krevsajících přenašečů. Zdá se, že jsou součástí přirozeného cyklu těchto bakterií v přírodě a možná slouží i jako rezervoároví hostitelé (Stańczak *et al.* 2016).

*Rickettsia helvetica* není spojována s onemocněním u člověka stejně jako *R. massiliae* (Raoult & Roux 1997). Onemocnění *R. felis* se projevuje vysokými horečkami, vyrážkou, únavou a bolestmi hlavy. Pár dní před nástupem horečky se objevuje černá, strupovitá kožní léze (Richter *et al.* 2002b).

## 5 Role ježků v přenosu zoonotických onemocnění

Zoonotická onemocnění (zoonózy) jsou dle definice infekční onemocnění přenášena mezi zvířaty a lidmi. Přibližně 20 % zoonotických patogenů využívá k přenosu na člověka vektory (Taylor *et al.* 2001). „Emerging infectious diseases“, volně přeloženo jako „náhle či nově se objevující infekční onemocnění“, jsou u člověka velmi často působena patogeny, které mají více obratlových hostitelů. Identifikace rezervoárového hostitele u těchto onemocnění často chybí (Haydon *et al.* 2002).

Nakažený vektor může infikovat svého hostitele patogenem. Pokud se jedná o amplifikujícího hostitele, patogen se v něm rychle množí. Takto může u vektory přenášených patogenů infikovat dalšího ektoparazita, který přenesení infekci na další hostitele. Sice tedy slouží jako důležitý zdroj infekce, jeho populace pro patogen ale není nezbytná (Ashford 2003). Pokud se jedná o rezervoárového hostitele, je patogen na populaci hostitele závislý. Hostitel musí splňovat některé předpoklady, aby se dal označit za rezervoárového hostitele: (i) musí přijít do kontaktu s přenašeči, pro které slouží jako důležitý zdroj potravy; (ii) jeho populace musí být dostatečně početná a hostitel musí být dostatečně dlouhověký, aby v něm patogen mohl přežít nepříznivé podmínky, kdy nejsou ektoparazité aktivní; (iii) aby byl hostitel co nejdéle infekční pro přenašeče, patogen by měl vyvolávat jen mírnou, ale dlouhotrvající infekci; (iv) musí být experimentálně potvrzený přenos infekce (Haydon *et al.* 2002; Ashford 2003; Vojtková 2016). Pokud se patogen v hostiteli vůbec nemnoží, a nemůže proto dojít ani k přenosu na vektory, označujeme tohoto hostitele jako nekompetentního (Martin *et al.* 2016).

Ježci mohou hrát celou řadu rolí při přenosu patogenů (Tab. 3). Patogeny Bhanja virus a virus Krymsko-konžské hemorragické horečky byly sice v ježcích zaznamenány, ale virémie po nakažení nebyla dostatečně vysoká k přenosu na vektory. Ježci tedy pravděpodobně nehrají roli jako rezervoároví hostitelé těchto virů ani jako zdroj infekce a mohou nanejvýš sloužit jako pasivní přenašeči nakažených vektorů (\*Blagoveshchenskaya *et al.* 1975; Hubálek *et al.* 1984).

Patogeny *Bartonella* spp., *Neoehrlichia mikurensis* a *Rickettsia* spp. byly zaznamenány v ježcích jen v Maďarsku, což nemusí znamenat, že se nevyskytují u ježků i v jiných zemích, ale pouze to odráží geografickou omezenost výzkumu. To můžeme usuzovat i z výsledků dalších studií, ve kterých autoři detekovali tyto patogeny

z příslušných ektoparazitů odchycených z ježků (Marié *et al.* 2012; Földvári *et al.* 2014; Hornok *et al.* 2014; Stańczak *et al.* 2016; Jahfari *et al.* 2017; Szekeres *et al.* 2018).

Bakterie z komplexu *B. burgdorferi* s.l. a *Anaplasma phagocytophilum* byly zaznamenány v jezcích ve více studiích (Gern *et al.* 1997; Nijhof *et al.* 2007; Skuballa *et al.* 2007; Silaghi *et al.* 2012; Skuballa *et al.* 2012; Dumitrache *et al.* 2013; Jahfari *et al.* 2014). Kromě toho i u těchto patogenů došlo k detekcím z ektoparazitů odchycených z ježků (Jahfari *et al.* 2017, Szekeres *et al.* 2018). Ježci nakažení bakterií *A. phagocytophilum* mají však jen krátkou infekční dobu, čímž se snižuje pravděpodobnost nakažení klíšťat (Silaghi *et al.* 2012)

Ježci se označují jako rezervoároví hostitelé pro Ťahyňa virus (\*Simkova 1966). Nejdůležitějším patogenem, který ježci přenášejí, je pak virus klíšťové encefalitidy. Nejen, že se jedná o důležitý patogen z pohledu člověka, ale ježci v tomto případě nejspíš slouží jako rezervoároví hostitelé, a to i přesto, že jedna ze studií tvrdí, že jsou ježci k viru částečně rezistentní, což jejich roli rezervoárového hostitele zpochybňuje (Kozuch *et al.* 1967; Labuda *et al.* 1993b; Schönbachler *et al.* 2019).

Tabulka 3: Zaznamenané role ježků v životním cyklu patogenů spolu se zemí výskytu a prevalencí.

Role ježků	Patogen	Druh ježka	Země	Prevalence	Citace
Pasivní přenašeči nakažených vektorů, nevyvíjí se dostatečná virémie k nakažení ektoparazitů	Bhanja virus	<i>E. europaeus</i>	Experimentálně, ČR	-	(Hubálek <i>et al.</i> 1984)
	Virus krymsko-konžské hemoragické horečky	<i>E. europaeus</i>	Experimentálně, Rusko	-	(*Blagoveshchenskaya <i>et al.</i> 1975)
Potvrzení jako hostitelé, ale pro označení rezervoárem zatím není dostatek informací	<i>Anaplasma phagocytophilum</i> <sup>1</sup>	<i>E. roumanicus</i> , <i>E. europaeus</i>	Nizozemsko, Rumunsko, Německo, Belgie	26-60 %	(Nijhof <i>et al.</i> 2007; Silaghi <i>et al.</i> 2012; Dumitrache <i>et al.</i> 2013; Jahfari <i>et al.</i> 2014; Jahfari <i>et al.</i> 2017)
	<i>Borrelia burgdorferi</i> s.l. <sup>1</sup>	<i>E. roumanicus</i> , <i>E. europaeus</i>	Německo, Česká republika, Velká Británie, Rakousko, Švýcarsko	6-23 %	(Gern <i>et al.</i> 1997; Skuballa <i>et al.</i> 2007; Skuballa <i>et al.</i> 2012)
	<i>Bartonella</i> spp. <sup>1</sup>	<i>E. roumanicus</i>	Maďarsko	-	(Szekeres <i>et al.</i> 2018)
	<i>Neoehrlichia mikurensis</i> <sup>1</sup>	<i>E. roumanicus</i>	Maďarsko	-	(Földvári <i>et al.</i> 2014)
	<i>Rickettsia</i> spp. <sup>1</sup>	<i>E. roumanicus</i>	Maďarsko	-	(Szekeres <i>et al.</i> 2018)
Rezervoároví hostitelé	Ťahyňa virus	<i>E. roumanicus</i> , <i>E. europaeus</i>	Česká republika, Slovensko	-	(Málková <i>et al.</i> 1969; *Simkova 1966)
	Virus klíšťové encefalitidy <sup>1</sup>	<i>E. roumanicus</i> , <i>E. europaeus</i>	Česká republika, Slovensko, Německo	3,6 %	(Labuda <i>et al.</i> 1993b; Kozuch <i>et al.</i> 1967; Schönbachler <i>et al.</i> 2019)

Prevalence „-“ není doposud známa, 1- Patogen byl kromě zmíněných detekcí v ježcích nalezen i v krevsajících ektoparazitech odchycených z ježků.

## 6 Závěr

Ježky můžeme najít ve volné přírodě i ve městech. Podle nových výzkumů se ukazuje, že populace ježků jsou dokonce několikanásobně početnější v urbánních oblastech. Lidé se tak mohou dostat do kontaktu s ježky při pohybu v zahradách, parcích a příměstských oblastech. Právě díky tomu se patogeny ježků mohou přenést na lidi, ať už přímým kontaktem s ježky nebo přes infikované ektoparazity.

Největší roli v přenosu popsanych virových a bakteriálních patogenů mají klíšata *Ixodes ricinus* a *I. hexagonus*, která na jezcích sají nejcastěji. Další druhy klíšat byly zaznamenány ojediněle, proto jejich význam můžeme zanedbat. Z blech je nejdůležitější *Archeopsylla erinacei*, která se vyskytuje na jezcích s nejvyšší prevalencí. Z uvedených běžně se vyskytujících ektoparazitů hraje klíčovou roli v přenosu patogenů z ježků na lidi pouze klíště *Ixodes ricinus*. Důvodem je, že během svého vývoje mění hostitele; larvy nejcastěji sají na menších savcích na rozdíl od nymf a dospělců, které zpravidla najdeme na větších savcích. Tak může dojít k přenosu patogenu mezi ježkem a člověkem, k čemuž je důležitý transstadiální přenos patogenů mezi stadii klíšat.

Podle literárních zdrojů jsem rozlišila tři následující role ježka v životním cyklu patogenů: (i) u ježka se po nakažení nevyvíjí dostatečná virémie pro další nakažení krevsajících ektoparazitů a ježci slouží jen jako pasivní přenašeči vektorů; (ii) ježci jsou potvrzení jako hostitelé, ale pro označení rezervoárem zatím není dostatek informací; (iii) ježek slouží jako rezervoárový hostitel. K prvnímu případu, kdy se nevyvíjí dostatečná virémie, jsem zařadila Bhanja virus a virus Krymsko-konžské hemorrhagické horečky. Do třetí skupiny patří virus klíštové encefalitidy a Ťahyňa virus, kdy ježek hraje zásadní roli v jejich životním cyklu. U ostatních patogenů je zatím role ježků nejasná, i když se spekuluje, že by ježek mohl sloužit jako rezervoárový hostitel. Z popsanych patogenů se jedná především o bakterie *A. phagocytophylum* a *Borrelia burgdorferi* s.l. U ježků byly zaznamenány poměrně často, a to ať už přímou detekcí z ježků nebo jejich ektoparazitů. Tato úvaha je důležitá především z medicínského hlediska, protože zejména *B. burgdorferi* s.l. je významný lidský patogen.

Z literární rešerše plyne, že chybí systematický výzkum jezcích patogenů. Nejsou dostupná data k posouzení jejich prevalence ani geografického výskytu. Některé patogeny byly v jezcích detekovány, ale víceméně náhodně a další výzkum na tato zjištění zatím

nenavázal. Pro porovnání patogenů dvou hlavních evropských druhů ježků nemáme dostatek dat a pozorované rozdíly jsou způsobené právě nerovnoměrným výzkumem obou druhů. Protože ježci mohou hrát důležitou roli jako rezervoároví hostitelé medicínsky významných patogenů, bylo by potřebné a zajímavé s výzkumem na toto téma pokračovat.



## 7 Seznam literatury

- Achazi K, Růžek D, Donoso-Mantke O,... Niedrig M.** 2011. Rodents as sentinels for the prevalence of tick-borne encephalitis virus. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 11, 641–647.
- Amori G.** 2016. *Erinaceus europaeus*. Získáno 15. listopad 2018, z <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T29650A2791303.en>
- Amori G, Hutterer R, Kryštufek B, Yigit N, Mitsain G, Palomo LJ.** 2008. *Atelerix algirus*. Získáno 15. listopad 2018, z <http://api.iucnredlist.org/go/atelerix-algirus>
- Amori G, Hutterer R, Kryštufek B, Yigit N, Mitsain G, Palomo LJ.** 2016a. *Erinaceus concolor*. Získáno 15. listopad 2018, z <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T40605A22325482.en%0A>
- Amori G, Hutterer R, Kryštufek B, Yigit N, Mitsain G, Palomo LJ.** 2016b. *Erinaceus roumanicus*. Získáno 15. listopad 2018, z <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T136344A22325720.en>
- Anderson BE, Neuman MA.** 1997. *Bartonella* spp. as Emerging human pathogens. *Microbiology*, 10, 203–219.
- Anderson JF, Johnson RC, Magnarelli LA, Hyde FW.** 1985. Identification of endemic foci of Lyme disease: Isolation of *Borrelia burgdorferi* from feral rodents and ticks (*Dermacentor variabilis*). *Journal of Clinical Microbiology*, 22, 36–38.
- Anderson JF, Magnarelli LA.** 1984. Avian and mammalian hosts for spirochete-infected ticks and insects in a Lyme disease focus in Connecticut. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 57, 627–641.
- Arthur DR.** 1953. The host relationships of *Ixodes hexagonus* Leach in Britain. *Parasitology*, 43, 227–238.
- Ashford RW.** 2003. When is a reservoir not a reservoir? *Emerging Infectious Diseases*, 9, 1495–1496.
- Bakhvalova VN, Potapova OF, Panov V V., Morozova O V.** 2009. Vertical transmission of tick-borne encephalitis virus between generations of adapted reservoir small rodents. *Virus Research*, 140, 172–178.
- Bakken JS, Dumler JS.** 2006. Clinical diagnosis and treatment of human granulocytotropic anaplasmosis. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1078, 236–247.
- Bárdoš V.** 1974. Recent state of knowledge of Ťahyňa virus infections. *Folia Parasitologica*, 21, 1–10.
- Bárdoš V.** 1975. The role of mammals in the circulation of Ťahyňa virus. *Folia Parasitologica*, 22, 257–264.
- Bardos V, Danielová V.** 1959. The Tahyna virus-a virus isolated from mosquitoes in Czechoslovakia. *Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology and Immunology*, 3, 264–76.
- Beck R, Čurik V, Ivana R, Nikica Š, Anja V.** 2014. Identification of „*Candidatus* Neoehrlichia mikurensis" and *Anaplasma* species in wildlife from Croatia. *Parasites & Vectors*, 7, O28.
- Beck W.** 2007. Endoparasiten beim Igel. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 119, 40–44.
- Beichel E, Petney TN, Hassler D, Brückner M, Maiwald M.** 1996. Tick infestation patterns and prevalence of *Borrelia burgdorferi* in ticks collected at a veterinary clinic in Germany. *Veterinary Parasitology*, 65, 147–155.
- Beninati T, Piccolo G, Rizzoli A, Genchi C, Bandi C.** 2006. *Anaplasmatidae* in wild rodents and roe deer from Trento Province (northern Italy). *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 25, 677–678.
- Best TL.** 2018. Family *Erinaceidae* (Hedgehogs and Gymnures). In D. E. Wilson & R. A. Mittermeier, ed., *Handbook of the Mammals of World. Vol. 8. Insectivores, Sloths and Colugos*, 1. vyd, Barcelona: Lynx edicions, s. 288–330.

- Billeter SA, Levy MG, Chomel BB, Breitschwerdt EB.** 2008. Vector transmission of *Bartonella* species with emphasis on the potential for tick transmission. *Medical and Veterinary Entomology*, 22, 1–15.
- Bitam I, Dittmar K, Parola P, Whiting MF, Raoult D.** 2010. Fleas and flea-borne diseases. *International Journal of Infectious Diseases*, 14, e667–e676.
- Bitam I, Rolain JM, Nicolas V,... Raoult D.** 2012. A multi-gene analysis of diversity of *Bartonella* detected in fleas from Algeria. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 35, 71–76.
- \*Blagoveshchenskaya N. M., Donets MA, Zarubina L V., Kuchin. V, Kondratenko F.** 1975. [Study of susceptibility to Crimean hemorrhagic fever (CHF) virus in European and long-eared hedgehogs] [In Russian]. *Tezisy Konf Vr.p. Med. Virus*, 269–270. podle **Hoogstraal H.** 1979. The epidemiology of tick-borne Crimean–Congo hemorrhagic fever in Asia, Europe, and Africa. *Journal of Medical Entomology*, 15, 307–417., **Spengler JR, Bergeron É, Rollin PE.** 2016. Seroepidemiological studies of Crimean-Congo hemorrhagic fever virus in domestic and wild animals. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10, 1–28.
- \*Blagoveshchenskaya NM, Vyshnivetskaya L, Gusarev A, Zarubina L, Kondratenko VF, Kuchin V.** 1972. [Investigation of susceptibility of little susliks (*Citellus pygmaeus*) to CHF virus] [In Russian]. In M. P. Chumakov, ed., *Actual Probl Virol Prophyl viral Dis*, Moscow, s. 356. podle **Spengler JR, Bergeron É, Rollin PE.** 2016. Seroepidemiological studies of Crimean-Congo hemorrhagic fever virus in domestic and wild animals. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10, 1–28.
- Blaňarová L, Stanko M, Miklisová D,... Derdáková M.** 2016. Presence of *Candidatus* Neoehrlichia mikurensis and *Babesia microti* in rodents and two tick species (*Ixodes ricinus* and *Ixodes trianguliceps*) in Slovakia. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 7, 319–326.
- Blanco JR, Oteo JA.** 2002. Human granulocytic ehrlichiosis in Europe. *International Journal of Medical Microbiology, Supplement*, 8, 736–772.
- \*Blaskovic D, Nosek J.** 1972. The ecological approach to the study of tick-borne encephalitis. *Progress in Medical Virology*, 14, 275–320. podle **Foppa IM.** 2005. The basic reproductive number of tick-borne encephalitis virus: An empirical approach. *Journal of Mathematical Biology*, 51, 616–628.
- Bogdanov AS, Bannikova AA, Pirusskii YM, Formozov NA.** 2009. The first genetic evidence of hybridization between West European and Northern white-breasted hedgehogs (*Erinaceus europaeus* and *E. roumanicus*) in Moscow region. *Biology Bulletin*, 36, 647–651.
- Bolfíková B, Hulva P.** 2012. Microevolution of sympatry: landscape genetics of hedgehogs *Erinaceus europaeus* and *E. roumanicus* in Central Europe. *Heredity*, 134, 353–360.
- Bond R, Riddle A, Mottram L, Beugnet F, Stevenson R.** 2007. Survey of flea infestation in dogs and cats in the United Kingdom during 2005. *Veterinary Record*, 160, 503–506.
- Bown KJ, Begon M, Bennett M, Woldehiwet Z, Ogden NH.** 2003. Seasonal dynamics of *Anaplasma phagocytophila* in a rodent-tick (*Ixodes trianguliceps*) system, United Kingdom. *Emerging Infectious Diseases*, 9, 63–70.
- Brenner DJ, O'Connor SP, Winkler HH, Steigerwalt AG.** 1993. Proposals to unify the genera *Bartonella* and *Rochalimaea*, with descriptions of *Bartonella quintana* comb. nov., *Bartonella vinsonii* comb. nov., *Bartonella henselae* comb. nov., and *Bartonella elizabethae* comb. nov., and to remove the family *Bartonellaceae* fr. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 43, 777–786.
- Broom AK, Smith DW, Hall RA, Johansen CA, Mackenzie JS.** 2003. Arbovirus Infections. In G. C. Cook & A. I. Zumla, ed., *Manson's Tropical Diseases*, 21. vyd, China: Elsevier, s. 725–764.
- Bunnell T.** 2001. The incidence of disease and injury in displaced wild hedgehogs (*Erinaceus europaeus*). *Lutra*, 44, 3–14.
- Bunnell T, Breithaupt T, Breithaupt T.** 2011. The fecal odor of sick hedgehogs (*Erinaceus europaeus*) mediates olfactory attraction of the tick *Ixodes hexagonus*. *Journal of Chemical*

*Ecology*, 37, 340–347.

- Burgdorfer W, Barbour A, Hayes S, Benach J, Grunwald E, Davis J.** 1982. Lyme disease- A Tick-borne spirochetosis? *Science*, 216, 1317–1319.
- Calisher CH, Goodpasture HC.** 1975. Human infection with Bhanja virus. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 24, 1040–1042.
- Calladine J, Humphreys EM, Gilbert L,... Thompson C.** 2017. Continuing influences of introduced hedgehogs *Erinaceus europaeus* as a predator of wader (*Charadrii*) eggs four decades after their release on the Outer Hebrides, Scotland. *Biological Invasions*, 19, 1981–1987.
- Černá Bolfíková B, Eliášová K, Loudová M,... Hulva P.** 2017. Glacial allopatry vs. postglacial parapatry and peripatry: The case of hedgehogs. *PeerJ*, 5, 1–21.
- Chen SM, Dumler JS, Bakken JS, Walker DH.** 1994. Identification of a granulocytotropic *Ehrlichia* species as the etiologic agent of human disease. *Journal of Clinical Microbiology*, 32, 589–595.
- Chmelar J, Calvo E, Pedra JHF, Francischetti IMB, Kotsyfakis M.** 2012. Tick salivary secretion as a source of antihemostatics. *Journal of Proteomics*, 75, 3842–3854.
- Chomel BB, Boulouis H-J, Maruyama S, Breitschwerdt EB.** 2006. *Bartonella* spp. in pets and effect on human health. *Emerging infectious diseases*, 12, 389–94.
- Coipan EC, Jahfari S, Fonville M,... Sprong H.** 2016. Imbalanced presence of *Borrelia burgdorferi* s.l. multilocus sequence types in clinical manifestations of Lyme borreliosis. *Infection, Genetics and Evolution*, 42, 66–76.
- Comer JA, Paddock D, Childs JE.** 2001. Urban zoonoses caused by *Bartonella*, *Coxiella*, *Ehrlichia*, and *Rickettsia* Species. *Vector borne and zoonotic diseases*, 1, 91–118.
- Comstedt P, Hanner M, Schüler W, Meinke A, Lundberg U.** 2014. Design and development of a novel vaccine for protection against Lyme borreliosis. *PLoS ONE*, 9, e113294.
- Corman VM, Kallies R, Philipps H,... Drexler F.** 2014. Characterization of a novel *Betacoronavirus* related to Middle East respiratory syndrome *Coronavirus* in European hedgehogs. *Journal of Virology*, 88, 717–724.
- Couceiro S, Franca I, Kurtenbach K,... Cunha C.** 2004. First Isolation of *Borrelia lusitaniae* from a Human Patient. *Journal of clinical microbiology*, 42, 1316–1318.
- Deplazes P, Eckert J, Mathis A, Samson-Himmelstjerna G, Zahner H.** 2016. *Parasitology in Veterinary Medicine*, 1. vyd, Stuttgart: Wageningen Academic Publishers.
- Dobson M.** 1998. Mammal distributions in the western Mediterranean: The role of human intervention. *Mammal Review*, 28, 77–88.
- Dumitrache MO, Pastiu AI, Kalmár Z,... Cozma V.** 2013. Ticks and tick-borne diseases Northern white-breasted hedgehogs *Erinaceus roumanicus* as hosts for ticks infected with *Borrelia burgdorferi* sensu lato and *Anaplasma phagocytophilum* in Romania. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 4, 214–217.
- Dumler JS, Rurangirwa FR, Palmer GH,... Bekker C.** 2001. Reorganization of genera in the families *Rickettsiaceae* and *Anaplasmataceae* in the order *Rickettsiales*: unification of some species of *Ehrlichia* with *Anaplasma*, *Cowdria* with *Ehrlichia* and *Ehrlichia* with *Neorickettsia*, descriptions of six new species combi. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 51, 2145–2165.
- Durden L, Traub R.** 2002. Fleas (*Siphonaptera*). In G. Mullen & L. Durden, ed., *Medical and Veterinary Entomology*, 1. vyd, San Diego: Elsevier Academic Press, s. 103–125.
- Dziemian S, Michalik J, Piłacińska B, Bialik S, Sikora B, Zwolak R.** 2014. Infestation of urban populations of the Northern white-breasted hedgehog, *Erinaceus roumanicus*, by *Ixodes* spp. ticks in Poland. *Medical and Veterinary Entomology*, 28, 1–5.
- Ebani VV, Bertelloni F, Turchi B, Filogari D, Cerri D.** 2015. Molecular survey of tick-borne pathogens in *Ixodid* ticks collected from hunted wild animals in Tuscany, Italy. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8, 714–717.
- Ecker M, Allison SL, Meixner T, Heinz FX.** 1999. Sequence analysis and genetic classification of

- tick-borne encephalitis viruses from Europe and Asia. *Journal of General Virology*, 80, 179–185.
- Ellis BA, Rotz LD, Leake JAD, ... Carrillo CP.** 2017. An outbreak of acute bartonellosis (Oroya fever) in the Urubamba region of Peru, 1998. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 61, 344–349.
- Ellis C, Mori M, DVM.** 2001. Skin diseases of rodents and small exotic mammals. *Dermatology*, 4, 493–542.
- Estrada-Peña A.** 2001. Distribution, abundance and habitat preferences of *Ixodes ricinus* in northern Spain. *Journal of Medical Entomology*, 38, 361–370.
- \*Faragó Z.** 1997. [Rabid hedgehog in inner-city area of Budapest] [In Hungarian]. *Orvosi Hetilap*, 138, 2231–2232. podlé **Riley PY, Chomel BB.** 2005. Hedgehog Zoonoses. *Emerging Infectious Diseases*, 11, 1–5.
- \*Feider Z.** 1965. [*Fauna of the Popular Republic of Romania*] [In Romanian], 2. vyd, Bucurest: Academiei Republicii Populare Romane. podlé **Mihalca AD, Dumitrache MO, Magdaş C, ... Sándor AD.** 2012. Synopsis of the hard ticks (Acari: Ixodidae) of Romania with update on host associations and geographical distribution. *Experimental and Applied Acarology*, 58, 183–206.
- Földvári G, Farkas R, Lakos A.** 2005. *Borrelia spielmanii* erythema migrans, Hungary. *Emerging Infectious Diseases*, 11, 1794–1795.
- Földvári G, Jahfari S, Rigó K, ... Sprong H.** 2014. *Candidatus* Neoehrlichia mikurensis and *Anaplasma phagocytophilum* in Urban Hedgehogs. *Emerging Infectious Diseases*, 20, 496–498.
- Földvári G, Rigó K, Jablonszky M, Biró N, Majoros G.** 2011. Ticks and the city: Ectoparasites of the Northern white-breasted hedgehog (*Erinaceus roumanicus*) in an urban park. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 2, 231–234.
- Garcia-Alvarez L, Palomar AM, Oteo JA.** 2013. Prevention and prophylaxis of tick bites and tick-borne related diseases. *American Journal of Infectious Diseases*, 9, 104–116.
- \*Gerlinskaya L, Bakhvalova V, Morozova O.** 1997. [Sexual transmission of tick-borne encephalitis virus between laboratory mice] [In Russian]. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 123, 327–328. podlé **Bakhvalova VN, Dobrotvorsky AK, Panov V V, Matveeva VA, Tkachev SE, Morozova OV.** 2006. Natural tick-borne encephalitis virus infection among wild small mammals in the Southeastern part of Western Siberia, Russia. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 6, 32–41.
- Gern L.** 2013. Die Biologie der *Ixodes ricinus* Zecke. *Therapeutische Umschau*, 62, 707–712.
- Gern L, Rais O.** 1996. Efficient transmission of *Borrelia burgdorferi* between cofeeding *Ixodes ricinus* ticks (Acari: Ixodidae). *Journal of medical entomology*, 33, 189–192.
- Gern L, Rouvinez E, Toutoungi LN, Godfroît E.** 1997. Transmission cycles of *Borrelia burgdorferi* sensu lato involving *Ixodes ricinus* and/or *I. hexagonus* ticks and the European hedgehog, *Erinaceus europaeus*, in suburban and urban areas in Switzerland. *Folia Parasitologica*, 44, 309–314.
- Gern L, Toutoungi LN, Min Hu C, Aeschlimann A.** 1991. *Ixodes* (*Pholeoixodes*) *hexagonus*, and efficient vector of *Borrelia burgdorferi* in the laboratory. *Medical and Veterinary Entomology*, 5, 431–435.
- Gilles J, Just FT, Silaghi C, ... Kurt P.** 2008. *Rickettsia felis* in fleas, Germany. *Emerging Infectious Diseases*, 14, 14–16.
- Gofton AW, Doggett S, Ratchford A, Ryan U, Irwin P.** 2016. Phylogenetic characterisation of two novel *Anaplasmataceae* from Australian *Ixodes holocyclus* ticks: '*Candidatus* Neoehrlichia Australis' and '*Candidatus* Neoehrlichia Arcana'. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66, 4256–4261.
- Gould EA, Higgs S, Buckley A, Gritsun TS.** 2006. Potential arbovirus emergence and implications for the United Kingdom. *Emerging Infectious Diseases*, 12, 549–555.

- Gray D, Webster K, Berry JE.** 1988. Evidence of louping ill and tick-borne fever in goats. *Veterinary Record*, 122, 66 LP – 66.
- Gresíková M, Nosek J.** 1967. Isolation of tick-borne encephalitis virus from *Ixodes ricinus* ticks in the Tribec region. *Bulletin of the World Health Organization*, 36, 67–71.
- Gritsun TS, Nuttall PA, Gould EA.** 2003. Tick-borne flaviviruses. *Advances in Virus Research*, 61, 317–371.
- Gubler DJ, Kuno G, Markoff L.** 2007. *Flaviviruses*. In D. M. Knipe & P. M. Howley, ed., *Fields' Virology Volume 1*, 5. vyd, USA: Lippincott Williams & Wilkins, s. 1153–1252.
- Harper GH, Marchant A, Boddington DG.** 1992. The Ecology of the Hen flea *Ceratophyllus gallinae* and the Moorhen flea *Dasypsyllus gallinulae* in nestboxes. *Journal of Animal Ecology*, 61, 317–327.
- Hartelt K, Oehme R, Frank H, Brockmann SO, Hassler D, Kimmig P.** 2004. Pathogens and symbionts in ticks: Prevalence of *Anaplasma phagocytophilum* (*Ehrlichia* sp.), *Wolbachia* sp., *Rickettsia* sp., and *Babesia* sp. in Southern Germany. *International Journal of Medical Microbiology, Supplement*, 293, 86–92.
- Haydon DT, Cleaveland S, Taylor LH, Laurenson MK.** 2002. Identifying reservoirs of infection : A Conceptual and practical challenge. *Emerging Infectious Diseases*, 8, 1468–1473.
- Hayes SF, Burgdorfer W, Aeschlimann A.** 1980. Sexual transmission of spotted fever group *rickettsiae* by infected male ticks: Detection of *rickettsiae* in immature spermatozoa of *Ixodes ricinus*. *Infection and Immunity*, 27, 638–642.
- Hewitt GM.** 2001. Speciation, hybrid zones and phylogeography - or seeing genes in space and time. *Molecular Ecology*, 10, 537–549.
- Hodžić A, Cézanne R, Duscher GG, Harl J, Glawischnig W, Fuehrer HP.** 2015. *Candidatus* Neoehrlichia sp. in an Austrian fox is distinct from *Candidatus* Neoehrlichia mikurensis, but closer related to *Candidatus* Neoehrlichia lotoris. *Parasites & Vectors*, 8, 1–4.
- Hoefer HL.** 1994. Hedgehogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 24, 113–120.
- Hofmannová L.** 2017. Endoparazité u ježků v lidské péči. *Veterinární lékař*, 15, 162–167.
- Hornok S, Földvári G, Rigó K, ... Hofmann-Lehmann R.** 2014. Vector-borne agents detected in fleas of the Northern white-breasted hedgehog. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 14, 74–76.
- Hornok S, Trautwein K, Takács N, Hodžić A, Duscher GG, Kontschán J.** 2017. Molecular analysis of *Ixodes ricinus*, *Candidatus* Neoehrlichia sp. (FU98) and a novel *Babesia* genotype from a European badger (*Meles meles*). *Ticks and Tick-borne Diseases*, 8, 41–44.
- Hubálek Z.** 1987. Geographic distribution of Bhanja virus. *Folia Parasitologica*, 34, 77–86.
- Hubálek Z.** 2008. Mosquito-borne viruses in Europe. *Parasitology Research*, 103, S29–S43.
- Hubálek Z.** 2009. Biogeography of tick-borne Bhanja virus (*Bunyaviridae*) in Europe. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 2009, 1–11.
- Hubálek Z, Bárdoš V, Medek M, Kania V, Kychler L, Jelínek E.** 1978. Ťahyňa virus - neutralizační protilátky pacientů na jižní Moravě. *Čs. epidemiologie, mikrobiologie, imunologie*, 28, 87.
- Hubálek Z, Halouzka J.** 1997. Distribution of *Borrelia burgdorferi* sensu lato genomic groups in Europe, a review. *European Journal of Epidemiology*, 13, 951–957.
- Hubálek Z, Rödl P, Juricová Z.** 1984. Experimental infection of hedgehog (*Erinaceus europaeus*) with Bhanja virus. *Folia Parasitologica*, 31, 189–190.
- Hubálek Z, Zeman P, Halouzka J, ... Rudolf I.** 2005. Mosquitoborne viruses, Czech Republic, 2002. *Emerging Infectious Diseases*, 11, 116–118.
- Hubert P, Julliard R, Biagianti S, Poule ML.** 2011. Ecological factors driving the higher hedgehog (*Erinaceus europaeus*) density in an urban area compared to the adjacent rural area. *Landscape and Urban Planning*, 103, 34–43.
- Humair PF, Turrian N, Aeschlimann A, Gem L.** 1993a. *Borrelia burgdorferi* in a focus of Lyme borreliosis: epizootologic contribution of small mammals. *Folia Parasitologica*, 40, 65–70.

- Humair PF, Turrian N, Aeschlimann A, Gern L.** 1993b. *Ixodes ricinus* immatures on birds in a focus of Lyme borreliosis. *Folia Parasitologica*, 40, 237–242.
- Huppertz HI, Böhme M, Standaert SM, Karch H, Plotkin SA.** 1999. Incidence of Lyme borreliosis in the Würzburg region of Germany. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 18, 697–703.
- Jaenson TGT, Tälleklint L, Lundqvist L, Olsen B, Chirico J, Mejlön H.** 2015. Geographical distribution, host associations, and vector roles of ticks (Acari: Ixodidae, Argasidae) in Sweden. *Journal of Medical Entomology*, 31, 240–256.
- Jahfari S, Coipan EC, Fonville M,... Sprong H.** 2014. Circulation of four *Anaplasma phagocytophilum* ecotypes in Europe. *Parasites & Vectors*, 7, 1–11.
- Jahfari S, Ruyts SC, Frazer-Mendelewska E, Jaarsma R, Verheyen K, Sprong H.** 2017. Melting pot of tick-borne zoonoses: the European hedgehog contributes to the maintenance of various tick-borne diseases in natural cycles urban and suburban areas. *Parasites & Vectors*, 10, 1–9.
- Jones C, Norbury G.** 2010. Feeding selectivity of introduced hedgehogs *Erinaceus europaeus* in a dryland habitat, South Island, New Zealand. *Acta Theriologica*, 56, 45–51.
- Kawahara M, Rikihisa Y, Isogai E,... Tsuji M.** 2004. Ultrastructure and phylogenetic analysis of „*Candidatus* Neoehrlichia mikurensis" in the family Anaplasmataceae, isolated from wild rats and found in *Ixodes ovatus* ticks. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54, 1837–1843.
- Kemp E, Causey R, Setzer W, Moore DL.** 1974. Isolation of viruses from wild mammals in West Africa, 1966–1970. *Journal of Wildlife Diseases*, 10, 279–293.
- Koehler JE, Glaser CA, Tappero JW.** 1994. *Rochalimaea henselae* infection: A New zoonosis with the domestic cat as reservoir. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 271, 531–535.
- \*Kozuch O.** 1967. Experimental infection of *Pitymys subterraneus* with tick-borne encephalitis virus. *Acta Virologica*, 11, 464–466. podle **Randolph SE, Gern L, Nuttall PA.** 1996. Co-feeding ticks: Epidemiological significance for tick-borne pathogen transmission. *Parasitology Today*, 12, 472–479.
- Kozuch O, Gresíková M, Nosek J, Lichard M, Sekeyová M.** 1967. The role of small rodents and hedgehogs in a natural focus of tick-borne encephalitis. *Bulletin of the World Health Organization*, 36, 61–66.
- Krasnov BR.** 2008. *Functional and evolutionary ecology of fleas: A Model for ecological parasitology*, 1. vyd, Cambridge: Cambridge University Press.
- Kříž B, Beneš C, Daniel M.** 2009. Alimentary transmission of tick-borne encephalitis in the Czech Republic (1997–2008). *Epidemiologie, Mikrobiologie, Imunologie*, 58, 98–103.
- Krücken J, Schreiber C, Maaz D,... von Samson-Himmelstjerna G.** 2013. A novel high-resolution melt PCR assay discriminates *Anaplasma phagocytophilum* and „*Candidatus* Neoehrlichia mikurensis". *Journal of Clinical Microbiology*, 51, 1958–1961.
- Kuniholm MH, Wolfe ND, Huang CY-H,... Gubler DJ.** 2006. Seroprevalence and distribution of *Flaviviridae*, *Togaviridae*, and *Bunyaviridae* arboviral infections in rural Cameroonian adults. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74, 1078–1083.
- Labuda M, Jones LD, Williams T, Nuttall PA.** 1993a. Enhancement of tick-borne encephalitis virus transmission by tick salivary gland extracts. *Medical and Veterinary Entomology*, 7, 193–196.
- Labuda M, Nuttalla PA, Kozuch O,... Sabó A.** 1993b. Non-viraemic transmission of tick-borne encephalitis virus: a mechanism for arbovirus survival in nature. *Experientia*, 49, 802–805.
- Lawson B, Franklinos LHV, Rodriguez-Ramos Fernandez J,... De Pinna EM.** 2018. *Salmonella* Enteritidis ST183: Emerging and endemic biotypes affecting western European hedgehogs (*Erinaceus europaeus*) and people in Great Britain. *Scientific Reports*, 8, 1–11.
- Levin ML, Fish D.** 2002. Interference between the agents of Lyme disease and human

- granulocytic ehrlichiosis in a natural reservoir host. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 1, 139–148.
- Li H, Jiang JF, Liu W,... Cao WC.** 2012. Human infection with *Candidatus Neoehrlichia mikurensis*, China. *Emerging Infectious Diseases*, 18, 1636–1639.
- Lu Z, Lu XJ, Fu SH,... Liang GD.** 2009. Tahyna virus and human infection, China. *Emerging Infectious Diseases*, 15, 306–309.
- \*MacLeod J.** 1932. Preliminary studies in tick transmission of louping ill. II. A study of the reaction of sheep to tick infestation. *Veterinary Journal*, 88, 276–284. podle **Woldehiwet Z.** 2010. The natural history of *Anaplasma phagocytophilum*. *Veterinary Parasitology*, 167, 108–122.
- Macleod J, Gordon W s.** 1933. Studies in tick-borne fever of sheep. *Parasitology*, 28, 273–283.
- Mádr V, Hubálek Z, Zendulková D.** 1984. Experimental infection of sheep with Bhanja Virus. *Folia Parasitologica*, 31, 79–84.
- Málková D, Hodková Z, Chaturvedi R.** 1969. Overwintering of Ťahyňa in hedgehogs kept under natural conditions. *Folia Parasitologica*, 16, 245–254.
- Mannelli A, Bertolotti L, Gern L, Gray J.** 2012. Ecology of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Europe: Transmission dynamics in multi-host systems, influence of molecular processes and effects of climate change. *FEMS Microbiology Reviews*, 36, 837–861.
- Marciano O, Gutiérrez R, Morick D,... Harrus S.** 2016. Detection of *Bartonella* spp. in wild carnivores, hyraxes, hedgehog and rodents from Israel. *Parasitology*, 143, 1232–1242.
- Marié J, Davoust B, Socolovschi C, Raoult D, Parola P.** 2012. Molecular detection of rickettsial agents in ticks and fleas collected from a European hedgehog (*Erinaceus europaeus*) in Marseilles, France. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 35, 77–79.
- Marquardt WC, Black IV WC, Freier JE,... Moore CG.** 2004. *Biology of Disease Vector*, 2. vyd, Burlington: Elsevier Academic Press.
- Martin LB, Burgan SC, Adelman JS, Gervasi SS.** 2016. Host competence: An organismal trait to integrate immunology and epidemiology. *Integrative and Comparative Biology*, 56, 1225–1237.
- Masuzawa T.** 2004. Terrestrial distribution of the Lyme borreliosis agent *Borrelia burgdorferi* sensu lato in East Asia. *Japanese Journal of Infectious Diseases*, 57, 229–235.
- Mathiesen DA, Oliver JH, Kolbert CP,... Persing DH.** 2011. Genetic Heterogeneity of *Borrelia burgdorferi* in the United States. *Journal of Infectious Diseases*, 175, 98–107.
- Mclauchlan JD, Henderson WM.** 1946. The Occurrence of foot-and-mouth disease in the hedgehog under natural conditions. *Journal of Hygiene*, 45, 474–479.
- Mejlon H, Jaenson TGT.** 1993. Seasonal prevalence of *Borrelia burgdorferi* in *Ixodes ricinus* in different vegetation types in Sweden. *Infectious Diseases*, 25, 449–456.
- Mejlon H, Jaenson TGT.** 1997. Questing behaviour of *Ixodes ricinus* ticks (Acari: Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology*, 21, 747–748.
- Mihalca AD, Dumitrache MO, Magdaş C,... Sándor AD.** 2012. Synopsis of the hard ticks (Acari: Ixodidae) of Romania with update on host associations and geographical distribution. *Experimental and Applied Acarology*, 58, 183–206.
- Minář J.** 1969. Food source of some mosquito species in the natural focus of Ťahyňa virus in Southern Moravia. *Folia Parasitologica*, 16, 81–92.
- Movila A, Alekseev AN, Dubinina H V., Toderas I.** 2013. Detection of tick-borne pathogens in ticks from migratory birds in the Baltic region of Russia. *Medical and Veterinary Entomology*, 27, 113–117.
- Mullen GR, OConnor BM.** 2019. Mites (Acari). In G. R. Mullen & L. A. Durden, ed., *Medical and Veterinary Entomology*, 3. vyd, USA: Academic Press, s. 533–602.
- Naem S, Pourreza B, Gorgani-firouzjaee T.** 2015. The European hedgehog (*Erinaceus europaeus*), as a reservoir for helminth parasites in Iran. *Veterinary Research Forum*, 6,

149–153.

- Niebylski ML, Peacock MG, Schwan TOMG.** 1999. Lethal effect of *Rickettsia rickettsii* on its tick vector (*Dermacentor andersoni*). *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 773–778.
- Nigrovic LE, Thompson KM.** 2007. The Lyme vaccine: A Cautionary tale. *Epidemiology and Infection*, 135, 1–8.
- Nijhof AM, Bodaan C, Postigo M,... Jongejan F.** 2007. Ticks and associated pathogens collected from domestic animals in the Netherlands. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 7, 585–596.
- Obiegala A, Pfeffer M, Pfister K,... Silaghi C.** 2014. *Candidatus* Neoehrlichia mikurensis and *Anaplasma phagocytophilum*: Prevalences and investigations on a new transmission path in small mammals and *Ixodid* ticks. *Parasites & Vectors*, 7, 1–10.
- Ogden NH, Bown K, Horrocks BK, Woldehiwet Z, Bennett M.** 2003. Granulocytic ehrlichia infection in *Ixodid* ticks and mammals in woodlands and uplands of the U.K. *Medical and Veterinary Entomology*, 12, 423–429.
- Ogden NH, Cripps P, Davison CC,... Forbes AB.** 2000. The *Ixodid* tick species attaching to domestic dogs and cats in Great Britain and Ireland. *Medical and Veterinary Entomology*, 14, 332–338.
- Page RJC, Langton SD.** 1996. The occurrence of *Ixodid* ticks on wild mink *Mustela vison* in England and Wales. *Medical and Veterinary Entomology*, 10, 359–364.
- Pavlík E.** 1996. Rickettsie. In M. Bednář, V. Fraňková, J. Schindler, A. Souček, & J. Vávra, ed., *Lékařská mikrobiologie*, 1. vyd, Praha: Marvil, s. 334–340.
- Pfäffle M, Černá Bolfíková B, Hulva P, Petney T.** 2014. Different parasite faunas in sympatric populations of sister hedgehog species in a secondary contact zone. *PLoS ONE*, 9, 1–14.
- Pfäffle M, Petney T, Elgas M, Skuballa J, Taraschewski H, Pfa M.** 2009. Tick-induced blood loss leads to regenerative anaemia in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*). *Parasitology*, 136, 443–452.
- Pfäffle M, Petney T, Skuballa J, Taraschewski H.** 2011. Comparative population dynamics of a generalist (*Ixodes ricinus*) and specialist tick (*I. hexagonus*) species from European hedgehogs. *Experimental and Applied Acarology*, 54, 151–164.
- Philpot CM.** 1992. Hazards from hedgehogs: two case reports with a survey of the epidemiology of hedgehog ringworm. *Clinical and Experimental Dermatology*, 17, 156–158.
- Platonov AE, Karan LS, Kolyasnikova NM,... Krause PJ.** 2011. Humans infected with relapsing fever spirochete *Borrelia miyamotoi*, Russia. *Emerging Infectious Diseases*, 17, 1816–1823.
- Plyusnin A, Beaty BJ, Elliott RM,... Tesh R.** 2018. ICTV Virus Taxonomy Profile: *Bunyaviridae*. Získáno 15. únor 2019, z [https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv\\_9th\\_report/negative-sense-rna-viruses-2011/w/negrna\\_viruses/205/bunyaviridae](https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv_9th_report/negative-sense-rna-viruses-2011/w/negrna_viruses/205/bunyaviridae)
- \*Poduschka W, Poduschka C.** 1983. Kreuzungsversuche an mitteleuropäischen Igel. *Saugetierkundghe Mitteilungen*, 31, 1–12. podle **Bolfíková B, Hulva P.** 2012. Microevolution of sympatry: landscape genetics of hedgehogs *Erinaceus europaeus* and *E. roumanicus* in Central Europe. *Heredity*, 134, 353–360.
- Pomykal J.** 1985. A Case of infestation of humans with fleas *Archaeopsylla erinacei* (*Siphonaptera, Pulicidae*). *Folia Parasitologica*, 32, 348.
- Portillo A, Santibáñez P, Palomar AM, Santibáñez S, Oteo JA.** 2018. ‘*Candidatus* Neoehrlichia mikurensis’ in Europe. *New Microbes and New Infections*, 22, 30–36.
- Randolph SE, Gern L, Nuttall PA.** 1996. Co-feeding ticks: Epidemiological significance for tick-borne pathogen transmission. *Parasitology Today*, 12, 472–479.
- Randolph SE, Storey K.** 1999. Impact of microclimate on immature tick-rodent host interactions (Acari: *Ixodidae*): Implications for parasite transmission. *Journal of Medical Entomology*, 36, 795–798.
- Raoult D, Roux V.** 1997. *Rickettsioses* as paradigms of new or emerging infectious diseases. *Clinical Microbiology Reviews*, 10, 694–719.



- Rawlings JA.** 1986. Lyme disease in Texas. *Zentralblatt für Bakteriologie Mikrobiologie und Hygiene - Abt. 1 Orig. A*, 263, 483–487.
- \*Reeve NJ.** 1994. *Hedgehogs*, 1. vyd, London: T. & A.D. Poyser. podle **Dziemian S, Michalik J, Piłacińska B, Bialik S, Sikora B, Zwolak R.** 2014. Infestation of urban populations of the Northern white-breasted hedgehog, *Erinaceus roumanicus*, by *Ixodes* spp. ticks in Poland. *Medical and Veterinary Entomology*, 28, 1–5.
- Richter D, Aligöwer R, Matuschka FR.** 2002a. Co-feeding transmission and its contribution to the perpetuation of the Lyme disease spirochete *Borrelia afzelii*. *Emerging Infectious Diseases*, 8, 1421–1425.
- Richter J, Fournier PE, Petridou J, Häussinger D, Raoult D.** 2002b. *Rickettsia felis* infection acquired in Europe and documented by polymerase chain reaction. *Emerging Infectious Diseases*, 8, 207–208.
- Riley PY, Chomel BB.** 2005. Hedgehog Zoonoses. *Emerging Infectious Diseases*, 11, 1–5.
- Rödl P, Bárdoš V, Ryba J.** 1979. Experimental transmission of Ťahyňa virus (California group) to Wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) by mosquitoes. *Folia Parasitologica*, 26, 61–64.
- Rollend L, Fish D, Childs JE.** 2013. Transovarial transmission of *Borrelia spirochetes* by *Ixodes scapularis*: A summary of the literature and recent observations. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 4, 46–51.
- Rosický B.** 1957. *Fauna ČSR Svazek 10*, 1. vyd, Praha: Nakladatelství Československé Akademie Věd.
- Rudenko N, Golovchenko M, Lin T, Gao L, Grubhoffer L, Oliver JH.** 2009. Delineation of a new species of the *Borrelia burgdorferi* sensu lato complex, *Borrelia americana* sp. nov. *Journal of Clinical Microbiology*, 47, 3875–3880.
- Ruppert E, Fox R, Barnes R.** 2004. *Invertebrate zoology: A Functional evolutionary approach*, 7. vyd, Southbank: Thomson.
- Růžek D.** 2005. *Klíšťová encefalitida*, 1. vyd, Praha: Grada Publishing.
- \*Saint Girons MC.** 1969. Donnees sur la morphologie et la repartition de *Erinaceus europaeus* et *Erinaceus algirus*. *Mammalia*, 33, 206–218. podle **Bolfiková B, Hulva P.** 2012. Microevolution of sympatry: landscape genetics of hedgehogs *Erinaceus europaeus* and *E. roumanicus* in Central Europe. *Heredity*, 134, 353–360.
- Sans-Fuentes MA, Ventura J.** 2000. Distribution patterns of the small mammals (Insectivora and Rodentia) in a transitional zone between the Eurosiberian and the Mediterranean regions. *Journal of Biogeography*, 27, 755–764.
- Sasaki T, Poudel SKS, Isawa H,... Kobayashi M.** 2006. First molecular evidence of *Bartonella quintana* in *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae), collected from Nepalese children. *Journal of Medical Entomology*, 43, 110–112.
- Sato Y, Nakao M.** 1997. Transmission of the Lyme disease spirochete, *Borrelia garinii*, between infected and uninfected immature *Ixodes persulcatus* during cofeeding on mice. *Journal of Parasitology*, 83, 547–550.
- Satta G, Chisu V, Cabras P, Fois F, Masala G.** 2011. Pathogens and symbionts in ticks: A survey on tick species distribution and presence of tick-transmitted micro-organisms in Sardinia, Italy. *Journal of Medical Microbiology*, 60, 63–68.
- Schmaljohn CS, Nichol ST.** 2007. *Bunyaviridae*. In D. M. Knipe & P. M. Howley, ed., *Fields' Virology Volume 2*, 5. vyd, USA: Lippincott Williams & Wilkins, s. 1741–1790.
- Schönbächler K, Hatt J, Silaghi C, Merz N, Fraefel C, Bachofen C.** 2019. Frühsommer-Meningoenzephalitis-Virus Nachweis beim Europäischen Igel (*Erinaceus europaeus*). *Originalarbeiten*, 161, 23–31.
- Schulze T, Bowen G, Bosler E,... Shisler J.** 2006. *Amblyomma americanum*: a potential vector of Lyme disease in New Jersey. *Science*, 224, 601–603.
- Scoles GA, Papero M, Beati L, Fish D.** 2001. A Relapsing fever group spirochete transmitted by *Ixodes scapularis* ticks. *Vector borne and zoonotic diseases*, 1, 21–34.

- Seddon JM, Santucci F, Reeve NJ, Hewitt GM.** 2001. DNA footprints of European hedgehogs, *Erinaceus europaeus* and *E. concolor*: Pleistocene refugia, postglacial expansion and colonization routes. *Molecular Ecology*, 10, 2187–2198.
- Silaghi C, Skuballa J, Thiel C,... Passos LMF.** 2012. The European hedgehog (*Erinaceus europaeus*) – A suitable reservoir for variants of *Anaplasma phagocytophilum*? *Ticks and Tick-borne Diseases*, 3, 49–54.
- \*Simkova A.** 1966. Quantitative study of experimental Tahyna virus infection in hibernating hedgehogs. *Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology and Immunology*, 10, 499–509.
- podle **Riley PY, Chomel BB.** 2005. Hedgehog Zoonoses. *Emerging Infectious Diseases*, 11, 1–5.
- Simmonds P, Becher B, Bukh J,... ICTV Report Consortium.** 2017. ICTV Virus Taxonomy Profile: *Flaviviridae*. *Journal of General Virology*, 98, 2–3.
- \*Sixl W, Kock M, Withalm H, Stunzner D.** 1989. Serological investigations of the hedgehog (*Erinaceus europaeus*) in Styria. *Geogr Med Suppl*, 2, 105–108.
- podle **Riley PY, Chomel BB.** 2005. Hedgehog Zoonoses. *Emerging Infectious Diseases*, 11, 1–5.
- Skuballa J, Oehme R, Hartelt K,... Taraschewski H.** 2007. European hedgehogs as hosts for *Borrelia* spp., Germany. *Emerging Infectious Diseases*, 13, 6–7.
- Skuballa J, Petney T, Pfäffle M,... Taraschewski H.** 2012. Occurrence of different *Borrelia burgdorferi* sensu lato genospecies including *B. afzelii*, *B. bavariensis*, and *B. spielmanii* in hedgehogs (*Erinaceus* spp.) in Europe. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 3, 8–13.
- \*Smirnova SE.** 1979. A Comparative study of the Crimean hemorrhagic fever-Congo group of viruses. *Archives of Virology*, 62, 137–143.
- podle **Spengler JR, Bergeron É, Rollin PE.** 2016. Seroepidemiological studies of Crimean-Congo hemorrhagic fever virus in domestic and wild animals. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10, 1–28.
- Sonenshine DE, Lane RS, Nicholson WL.** 2002. Ticks (*Ixodida*). In G. Mullen & L. Durden, ed., *Medical and Veterinary Entomology*, 1. vyd, San Diego: Elsevier Academic Press, s. 517–558.
- Sréter T, Sréter-Lancz Z, Széll Z, Kálmán D.** 2004. *Anaplasma phagocytophilum*: an emerging tick-borne pathogen in Hungary and Central Eastern Europe. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 98, 401–405.
- Stańczak J, Celmer P, Michalik J, Sikora B.** 2016. European hedgehogs, *Erinaceus europaeus*, support the circulation of *Rickettsia helvetica* in sylvatic environment. *Annals of Parasitology*, 62, 68.
- Stanek G, Wormser GP, Gray J, Strle F.** 2012. Lyme borreliosis. *The Lancet*, 379, 461–473.
- Steere AC, Sikand VK, Meurice F, Dennis MD.** 2002. Vaccination against Lyme disease with recombinant *Borrelia burgdorferi* outer-surface lipoprotein a with adjuvant. *The New England Journal of Medicine*, 346, 1105–1112.
- Štěpánek O, Obenberger J, Prantl F, Mařan J.** 1957. *Přirodopis živočišstva 1*, 1. vyd, Praha: Orbis.
- Stubbe M, Samiya R, Ariunbold J,... Palomo LJ.** 2016. *Hemiechinus auritus*. Získáno 15. listopad 2018, z <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T40607A22324556.en%0ADisclaimer>
- Süss J, Schrader C, Falk U, Wohanka N.** 2004. Tick-borne encephalitis (TBE) in Germany - epidemiological data, development of risk areas and virus prevalence in field-collected ticks and in ticks removed from humans. *International Journal of Medical Microbiology, Supplement*, 293, 69–79.
- Swift HF.** 1920. Trench fever. *Archives of Internal Medicine*, 26, 76–98.
- Szekeres S, van Leeuwen AD, Tóth E, Majoros G, Sprong H, Földvári G.** 2018. Road-killed mammals provide insight into tick-borne bacterial pathogen communities within urban habitats. *Transboundary and Emerging Diseases*, 1–10.
- Tappe JP, Weitzman I, Liu SK, Dolensek EP, Karp D.** 1983. Systemic *Mycobacterium marinum*

- infection in a European hedgehog. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 183, 1280–1281.
- Taylor LH, Latham SM, Woolhouse MEJ.** 2001. Risk factors for human disease emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 356, 983–989.
- Teglas MB, Foley J.** 2006. Differences in the transmissibility of two *Anaplasma phagocytophilum* strains by the North American tick vector species, *Ixodes pacificus* and *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology*, 38, 47–58.
- Telford SR, Spielman A.** 1989. Competence of a rabbit-feeding *Ixodes* (Acari: Ixodidae) as a vector of the Lyme disease spirochete. *Journal of Medical Entomology*, 26, 118–121.
- Thamm S, Kalko EKV, Wells K.** 2009. Ectoparasite infestations of hedgehogs (*Erinaceus europaeus*) are associated with small-scale landscape structures in an urban-suburban environment. *EcoHealth*, 6, 404–413.
- van Dam AP, Spanjaard L, Kuiper H,... Vos K.** 2011. Different genospecies of *Borrelia burgdorferi* are associated with distinct clinical manifestations of Lyme borreliosis. *Clinical Infectious Diseases*, 17, 708–717.
- van de Poel JL, Dekker J, van Langevelde F.** 2015. Dutch hedgehogs *Erinaceus europaeus* are nowadays mainly found in urban areas, possibly due to the negative effects of badgers *Meles meles*. *Wildlife Biology*, 21, 51–55.
- van Duijvendijk G, Coipan C, Wagemakers A,... Sprong H.** 2016. Larvae of *Ixodes ricinus* transmit *Borrelia afzelii* and *B. miyamotoi* to vertebrate hosts. *Parasites & Vectors*, 1–7.
- Vayssier-Taussat M, Le Rhun D, Bonnet S, Cotté V.** 2009. Insights in *Bartonella* host specificity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1166, 127–132.
- Visser M, Rehbein S, Wiedemann C.** 2001. Species of flea (*Siphonaptera*) infesting pets and hedgehogs in Germany. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 48, 197–202.
- Vizoso AD, Thomas WE.** 1981. Paramyxoviruses of the morbilli group in the wild hedgehog *Erinaceus europaeus*. *British Journal of Experimental Pathology*, 62, 79–86.
- Vojtková B.** 2016. *Xenodiagnostika infekcí Leishmania major u symptomatických a asymptomatically hlodavců*, Charles University, Diplomová práce.
- Walker AR, Alberdi MP, Urquhart KA, Rose H.** 2001. Risk factors in habitats of the tick *Ixodes ricinus* influencing human exposure to *Ehrlichia phagocytophila* bacteria. *Medical and Veterinary Entomology*, 15, 40–49.
- Welinder-Olsson C, Kjellin E, Vaht K, Jacobsson S, Wennerås C.** 2010. First case of human „*Candidatus* Neoehrlichia mikurensis” infection in a febrile patient with chronic lymphocytic leukemia. *Journal of Clinical Microbiology*, 48, 1956–1959.
- Widén F, Gavier-Widén D, Nikiila T, Mörner T.** 1996. Fatal herpesvirus infection in a hedgehog (*Erinaceus europaeus*). *Veterinary Record*, 139, 237–238.
- Yabsley MJ, Murphy SM, Luttrell MP, Wilcox BR, Howerth EW, Munderloh UG.** 2008. Characterization of „*Candidatus* Neoehrlichia lotoris” (family *Anaplasmataceae*) from raccoons (*Procyon lotor*). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 58, 2794–2798.
- Young RP, Davison J, Trewby ID, Wilson GJ, Delahay RJ, Doncaster CP.** 2006. Abundance of hedgehogs (*Erinaceus europaeus*) in relation to the density and distribution of badgers (*Meles meles*). *Journal of Zoology*, 269, 349–356.
- Zeidner NS, Rutherford JS, Schneider BS,... Happ CM.** 2017. Use of a sentinel host system to study the questing behavior of *Ixodes spinipalpis* and its role in the transmission of *Borrelia bissettii*, human granulocytic ehrlichiosis, and *Babesia microti*. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 65, 293–299.